

Aus dem Department für Nutztiere (Direktor Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun) und der
Abteilung für Bildgebende Diagnostik (Wissenschaftliche Abteilungslei-
terin Dr. S. Ohlerth) der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Arbeit unter Leitung von Dr. med. vet. S. Ohlerth und Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun

Computertomographische Untersuchung des Thorax bei 30 Ziegen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von
Mareike Becker-Birck
Tierärztin aus Kiel, Deutschland

genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun, Referent
Prof. Dr. H. Augsburg, Korreferent

Zürich 2009

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	4
2. SUMMARY	4
3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	6
4. LITERATURÜBERSICHT	7
4.1. Anatomie des Thorax der Ziege	7
4.1.1. Skelett	7
4.1.2. Verbindungen der Knochen des Stammes	8
4.1.3. Lunge	8
4.1.4. Herz und Gefäße	9
4.1.5. Lymphatisches System	11
4.2. Vergleichende Computertomographie und Querschnittanatomie	13
4.3. Computertomographie	13
4.3.1. Prinzip der Computertomographie	13
4.3.2. Mathematische Bildrekonstruktionen	14
4.3.3. Hounsfieldskala	14
4.3.4. Fenstertechnik	15
4.3.5. Entwicklungen von Computertomographen	16
4.4. Anwendungen der Computertomographie im Bereich des Thorax beim Menschen	20
4.5. Anwendungen der Computertomographie im Bereich des Thorax beim Tier	23
4.6. Vermessung der anatomischen Strukturen innerhalb des Thorax	24
4.7. Vergleiche der Computertomographie mit der konventionellen Radiographie und Sonographie	26
5. MATERIAL UND METHODIK	28
5.1. Untersuchte Tiere	28
5.2. Gesamtprojekt	28
5.3. Eigentliche Untersuchungen	28

5.3.1. Klinische Voruntersuchung	28
5.3.1.1. Entnahme und Untersuchung der Blutproben	29
5.3.1.2. Entnahme und Untersuchung der Harnproben	29
5.3.1.3. Entnahme und Untersuchung von Pansensaft	29
5.3.1.4. Kotprobe und parasitologische Kotuntersuchung	30
5.3.2. Anästhesie für die computertomographische Untersuchung	30
5.3.2.1. Vorbereitung der Anästhesie	30
5.3.2.2. Anästhesie der Ziegen	30
5.3.3. Computertomographische Untersuchung	32
5.3.3.1. Untersuchungsablauf	32
5.3.3.2. CT-Einstellungen	33
5.3.3.3. Bildbearbeitung und Auswertung	33
5.3.3.3.1. Knochenfenster	34
5.3.3.3.2. Weichteilfenster	34
5.3.3.3.3. Lungenfenster	34
5.3.3.4. Messungen im Thorax	35
5.4. Schlachtung bzw. Euthanasie	41
5.5. Vergleich von CT-Bild und anatomischem Präparat	41
5.5.1. Vorbereitung der euthanasierten Ziegen für die anatomische Untersuchung	42
5.5.2. Herstellung der anatomischen Schnitte	42
5.5.3. Vergleich der CT-Bilder mit den anatomischen Schnitten	42
5.5.4. Spezielle CT-Befunde	43
5.5.5. Fallvorstellungen	43
5.6. Statistik	43
5.7. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich	44
5.8. Tierversuchsbewilligung	44
6. ERGEBNISSE	45
6.1. Klinische Befunde	45
6.1.1. Blutbefunde	46
6.1.2. Harnbefunde	49
6.1.3. Pansensaftbefunde	49
6.1.4. Kotbefunde	49
6.1.5. Pathologisch-anatomische Befunde an Herz und Lunge	50

6.2. Computertomographische Befunde	50
6.2.1. Knochenfenster	50
6.2.2. Weichteilfenster	52
6.2.3. Lungenfenster	57
6.3. Pathologische CT-Befunde an der Lunge	66
6.4. Vergleich der CT-Aufnahmen mit den anatomischen Schnitten	67
6.4.1. Legende zu den Abbildungen	68
6.4.2. Querschnittanatomie des Thorax einer 3jährigen Saanenziege	70
6.4.3. Dorsalschnittanatomie des Thorax einer 3jährigen Saanenziege	84
6.4.4. Sagittalschnittanatomie des Thorax einer 4jährigen Saanenziege	85
6.5. Spezielle Befunde bei den 30 Saanenziegen	86
6.5.1. Thymus	86
6.5.2. Zirkulär erhöhte Lungendichte	87
6.5.3. Lungenabszess	88
6.6. Fallvorstellungen	89
6.6.1. Osteosarkom im Mediastinum bei einer Zwergziege	89
6.6.2. Thymom im Mediastinum bei einer Pfauenziege	91
7. DISKUSSION	93
7.1. Klinische Befunde	93
7.2. CT-Befunde	94
7.2.1. Knochenfenster	94
7.2.2. Weichteilfenster	95
7.2.3. Lungenfenster	96
7.3. Pathologisch-anatomische Befunde	99
7.4. Vergleich der CT-Befunde mit den anatomischen Schnittpräparaten	101
7.5. Schlussbemerkungen	102
8. LITERATURVERZEICHNIS	103
9. DANKSAGUNG	111

1. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Thorax von 30 weiblichen Saanenziegen mit einem Mehrschicht-CT der siebten Generation computertomographisch untersucht. Die Tiere wurden zuvor klinisch untersucht, um sicherzustellen, dass sie klinisch gesund waren. Die Untersuchung erfolgte mit einer Exposition von 120 kV und 350 mA im Weichteilalgorithmus (B31s). Anschliessend wurden Bilder im Knochenalgorithmus (B70s) rekonstruiert. Direkt im Anschluss an die CT-Untersuchung wurden je 15 Ziegen euthanasiert bzw. geschlachtet. Die euthanasierten Tiere wurden analog zur Position während der CT-Untersuchung in Sternallage bei -18°C eingefroren, um anatomische Schnittpräparate von 1 bis 1.5 cm Dicke zu gewinnen. In einer vergleichenden Gegenüberstellung der CT-Bilder mit den anatomischen Schnittbildern auf der Höhe eines jeden Brustwirbels konnten die im CT-Bild sicher zu identifizierenden Strukturen beschriftet werden. Die Querschnittanatomie des Thorax der Ziege wurde in Form eines Bildatlas im Detail dargestellt. Darüber hinaus wurden durch die Vermessung der thorakalen Strukturen (Herz, Lunge, Bronchien, Gefässe und Lymphknoten) im nativen CT-Bild Normalwerte für die Ziege aufgestellt, die eine Hilfestellung für das Aufzeigen von abnormen Befunden geben sollen. Die Messungen (wie z. B. die vertebrale Herzgrösse, der Tracheawinkel und der Durchmesser von Vena cava caudalis und Aorta) wurden aus dem Bereich des konventionellen Röntgens bei Kleintieren übernommen und konnten sehr gut auf die Computertomographie und die Ziege übertragen werden. In der abschliessenden Diskussion war ein direkter Vergleich der erstmalig bei Ziegen erhobenen Messwerte mit den bereits veröffentlichten Messungen bei Hunden und Katzen möglich. Lediglich die Messungen innerhalb des Lungenparenchyms waren von limitierter Aussagekraft, da bei allen Ziegen pathologische Veränderungen in leicht- bis mittelgradiger Form gefunden wurden. Hier eignete sich die Übertragung eines Schemas über die vier pathologischen Grundmuster im CT der Lunge aus der Humanmedizin sehr gut, um die pathologisch-anatomischen Veränderungen innerhalb der Ziegenlunge zu klassifizieren.

2. Summary

In this study, 30 clinically healthy female Saanen goats underwent computed tomography of the thorax using a seventh generation, multi-layer, computed tomographic (CT) scanner. An exposure of 120 kV and 350 mA and a soft-tissue algorithm (B31s) were used. The images were then reconstructed using a bone algorithm (B70s). All the goats were euthanized (n=15) or slaughtered (n=15) immediately after CT examination. After euthanasia, the goats were placed in sternal recumbency, in the same position used for CT examination, and frozen at -18°C for preparation of transverse slices (1.0 - 1.5 cm thick) of the thorax. The CT images were compared to the anatomic specimens at the level of each thoracic vertebra to confirm the identity of structures seen in the CT images. The images and anatomic sections were compiled to produce a detailed atlas of the cross-sectional anatomy of the thorax of the goat. It also included normal measurements obtained from the native CT images of the thoracic structures, including the heart, lungs, bronchi, vessels and lymph nodes. These measurements provide a reference for the diagnosis of abnormal findings. The variables assessed (for example vertebral heart size, tracheal angle, diameter of caudal vena cava and aorta) were adopted from the field of conventional small animal radiography and could be easily applied to both computer tomography and goats. Thus, these novel measurements obtained in goats could be compared to those reported for dogs and cats. Only the measurements within the pulmonary parenchyma were of limited value as normal references because all the goats had mild to moderate pulmonary lesions. The four basic patterns of lung lesions established in human medicine for evaluating CT images were very useful for classifying the pulmonary abnormalities in the CT images of this study.

3. Einleitung und Zielsetzung

In der Humanmedizin stellt die Computertomographie (CT) die Methode der Wahl zur Beurteilung thorakaler und insbesondere pulmonaler Erkrankungen dar. Nachdem sich die Computertomographie auch in der Veterinärmedizin bereits zur routinemässigen Beurteilung der Nasenhöhle, des Schädels, des Gehirns und der Extremitäten von Klein- und Grosstieren etabliert hat, gibt es erst wenige Veröffentlichungen zum Nutzen dieses bildgebenden Verfahrens im Bereich des Thorax und insbesondere der Lunge bei Kleintieren. Erste Ergebnisse sind vielversprechend, da die CT einzigartige diagnostische Informationen liefert, die mit der konventionellen Röntgentechnik nicht zu erreichen sind (De Rycke et al., 2005). Die Ziege, die zur Gruppe der kleinen Wiederkäuer gehört und als Nutztier im Rahmen der Milch-, Fleisch- und Wollproduktion oder als Liebhabertier gehalten wird, stellt dabei aufgrund ihrer Körpergrösse eine Art Übergang zwischen den Klein- und Grosstieren dar. Ihre Körpergrösse erlaubt noch die Lagerung des gesamten Tieres innerhalb des Computertomographen, so dass der gesamte Ziegenkörper untersucht werden kann. Über die CT-Untersuchung des Thorax der Ziege ist dabei bisher nur eine einzige Veröffentlichung erschienen, die die anatomischen Strukturen des Thorax im CT-Bild an zwei Nubierziegen beschreibt (Smallwood und Healey, 1982). Die Ziegen dienten dabei als Modell, um die anatomischen Kenntnisse für das Einsetzen eines Kunstherzens am Menschen zu vertiefen. Thorakale und insbesondere Atemwegserkrankungen sind bei der Ziege häufig. Aufgrund der vermehrten Verfügbarkeit der Computertomographie in der Veterinärmedizin war es daher das Ziel dieser Arbeit, die normale Querschnittanatome des Thorax der Ziege zu beschreiben und damit die Grundlage für die computertomographische Beurteilung der thorakalen Organe von Ziegen zu schaffen.

4. Literaturübersicht

4.1. Anatomie des Thorax der Ziege

4.1.1. Skelett

Die knöcherne Begrenzung des Thorax erfolgt dorsal durch die Brustwirbel, lateral durch die Rippen und ventral durch das Brustbein. In der Regel sind 13 Brustwirbel vorhanden. Seltener als beim Rind variiert die Anzahl beim kleinen Wiederkäuer zwischen 12 und 14 Brustwirbeln. Die Crista ventralis der Brustwirbelkörper der Ziege ist im Gegensatz zum Rind undeutlich, und die kranialen und kaudalen Enden der Brustwirbelkörper sind flach. Von den im Allgemeinen vorhandenen 13 Rippenpaaren, die beim kleinen Wiederkäuer eine stärkere Biegung aufweisen als beim Rind, sind acht Rippen als sternale und fünf als asternale Rippen ausgebildet. Dabei sind die Knorpel der asternalen Rippen länger als die der sternalen und legen sich in kaudovertraler Reihenfolge zum Rippenbogen zusammen. Die Rippen der Wiederkäuer sind sowohl kranial als auch kaudal scharf beendigt, platt und an ihrem Sternalende breit (Nickel et al., 2001a). Das Brustbein besteht aus insgesamt sieben Knochenstücken: dem Manubrium sterni, dem aus fünf Einzelkörpern bestehenden Corpus sterni und dem Processus xiphoideus. Die beim Fleischfresser, Schwein und Pferd ausgebildete Cartilago manubrii fehlt beim Wiederkäuer ganz oder bedeckt das Manubrium sterni nur als dünner Knorpelbelag. Der Processus xiphoideus hingegen besteht aus einem langen Knochenanteil und einer breiten Cartilago xiphoidea. Bei einer röntgenologischen Untersuchung des Thorax werden stets auch die proximalen Abschnitte der Schultergliedmasse mit abgebildet. Seitlich an den Thorax schliesst sich die Scapula in einer bindegewebig-muskulösen Verbindung an. Dabei knickt die Kante der Spina scapulae bei der Ziege auf Höhe des Tuber spinae scapulae im Gegensatz zum Rind nicht nach kaudal ab. Distal fällt die Spina scapulae beim Wiederkäuer mit einem Gräteneck, dem Acromion, steil ab. Der Humerus erscheint bei der Ziege im Vergleich zum Rind durch den weniger deutlichen Unterschied zwischen dem proximalen kräftigen und dem distalen schmalen Schaftteil schlanker. Der Schaft

ist bei den kleinen Wiederkäuern mehr abgerundet und nicht dreiseitig wie beim Rind und erscheint im Querschnitt längsoval. Das Olecranon ist bei der Ziege relativ schwächer als beim Rind (Nickel et al., 2001a).

4.1.2. Verbindungen der Knochen des Stammes

Die Rippen artikulieren wie bei den anderen Haussäugetieren mit der zweigeteilten Gelenkfläche des Rippenkopfes mit der Rippenkopfgarbe zweier benachbarter Brustwirbel. Darüber hinaus korrespondiert die Gelenkfläche des Rippenhöckers, der aus dem Rippenhals seitlich hervorragt, mit der Gelenkfläche des Querfortsatzes des gleichzähligen Brustwirbels. Aus dem Rippenhals geht anschliessend der Rippenkörper hervor, der sich distal in der Rippenfuge mit dem Rippenknorpel verbindet. Die Rippenknorpel der sternalen Rippen enden als senkrecht stehende Walze und verbinden sich gelenkig mit dem Corpus sterni. Dabei artikulieren die Walzen des ersten Rippenpaares mit dem Manubrium sterni. Das Manubrium sterni ist beim Wiederkäuer in der Regel in Form eines spalthaltigen Gelenks an das aus fünf Einzelkörpern bestehende Corpus sterni angeschlossen. Bei der Ziege kann an dieser Stelle eine zeitlebens knorpelig bleibende Synchondrose ausgebildet sein (Nickel et al., 2001b). Die knöcherne Verbindung der einzelnen Sternebrae beginnt bei der Ziege mit Vollendung des zweiten Lebensjahres an den letzten beiden Einzelkörpern und setzt sich dann nach kranial fort, so dass mit der Vollendung des fünften Lebensjahres ein stabiles einheitliches Brustbein geformt ist. In einigen Fällen sind diese Synostosen jedoch auch nach dem achten Lebensjahr unvollständig (Rajtova, 1972).

4.1.3. Lunge

Die Lunge der Ziege ist auf der linken und auf der rechten Seite in einen zweigeteilten kranialen Lungenlappen, auch Spitzenlappen genannt, und einen kaudalen Lungenlappen (Zwerchfelllappen) unterteilt. Zusätzlich verfügt die rechte Lunge über einen mittleren und einen akzessorischen Lungenlappen. Die Aufzweigung

des Bronchialbaums erfolgt bei der Ziege wie auch bei allen Wiederkäuern mit der Besonderheit des Bronchus trachealis. Dieser verlässt die Trachea weit kranial der Bifurkation und stellt den Lappenbronchus des rechten kranialen Lungenlappens dar (Waibl, 1996). Das Rind und das Schaf werden dem Lungentyp I zugeordnet, der für eine deutlich entwickelte Lobulierung der Lunge und eine broncho-vaskuläre Verzweigung steht, bei der sich sowohl die Pulmonalarterien als auch die Pulmonalvenen mit den Bronchien verzweigen und in enger Nachbarschaft mit diesen verlaufen (Mc Laughlin et al., 1961). Die Ziege wurde in dieser Klassifizierung nicht explizit erwähnt. In einer neueren Studie werden die kranialen Lappen, der akzessorische Lappen und der Mittellappen der Ziegenlunge als broncho-vaskuläre Einheiten beschrieben und die kaudalen Lungenlappen als bronchoarterielle Einheiten, da hier die Venen kaudalwärts bis zur Segmentgrenze rücken und somit intersegmental und nicht mehr parallel zum Bronchus verlaufen (Roos et al., 1999). Die Trachea der Ziege ist im Querschnitt U-förmig, und dorsal zwischen den freien Enden der Knorpelspangen befindet sich eine weite Lücke. Die einzelnen Knorpelspangen sind beim Wiederkäuer selten stellenweise oder vollständig miteinander verschmolzen (Waibl, 1996).

4.1.4. Herz und Gefässe

Das Herz der Ziege hat die Gestalt eines spitzen Kegels und die Herzohren sind an ihren Rändern deutlich gezahnt. Auf seiner Kaudalfläche verfügt es wie alle Wiederkäuer über einen undeutlichen Sulcus am Margo ventricularis sinister. Das weisse subepikardiale Fettgewebe füllt die Herzfurchen je nach Ernährungszustand mehr oder weniger aus. Kennzeichnend für das Herz der Ziege ist das Vorkommen von subendokardialem Fettgewebe in Form von kleinen Inseln auch an den Kuppen der Papillarmuskeln. Wie das Schwein besitzen auch die Ziege und das Schaf einen kleinen und einen grösseren Herzknorpel, die im Alter verknöchern können. Diese liegen im Konusbereich des linken Ventrikels und haben die

Aufgabe, die Aortenöffnung in einer hämodynamisch günstigen Form zu stabilisieren (Schummer und Habermehl, 1996).

Der Truncus pulmonalis entspringt aus dem Ostium trunci pulmonalis der rechten Herzkammer und führt als Arterie des kleinen Kreislaufs das venöse Blut zur Lunge. Er steigt zunächst kranial und links der Aorta im Herzbeutel auf, biegt dann nach kaudal um und kreuzt den Arcus aortae auf der linken Seite. Ventral der Trachea teilt sich der Truncus pulmonalis in die Arteria pulmonalis sinistra und die Arteria pulmonalis dextra. Die Arteria pulmonalis sinistra entlässt einen Ast für den linken kranialen Lungenlappen, der sich für den zweigeteilten Lappen weiter in einen auf- und einen absteigenden Ast unterteilt, und einen Ast für den linken kaudalen Lungenlappen. Die Arteria pulmonalis dextra gibt beim Wiederkäuer noch vor dem Eintritt in die Lunge den Ast für den rechten kranialen Lungenlappen ab, der zum Bronchus trachealis zieht und sich auch hier in einen auf- und einen absteigenden Ast gabelt. Am Lungenhilus teilt sich die Arteria pulmonalis dextra dann noch in den Ast für den mittleren und kaudalen Lungenlappen. Aus Letzterem geht wie bei allen Haussäugetieren der Ast für den akzessorischen Lungenlappen hervor.

Die Aorta entspringt aus dem Anulus fibrosus aortae der linken Herzkammer, erweitert sich sogleich zum Bulbus und entlässt im Sinus aortae die Arteriae coronariae sinistra und dextra. Als Aorta ascendens steigt sie weiter auf und geht in den Arcus aortae über, der sich bei Erreichen der Brustwirbelsäule auf Höhe des fünften, sechsten oder siebten Brustwirbels in die Aorta descendens fortsetzt. Im Thorax wird diese bis zum Eintritt in die Aortenöffnung des Zwerchfells auch Aorta thoracica genannt. Aus dem Aortenbogen geht beim kleinen Wiederkäuer auf Höhe der dritten Rippe noch innerhalb des Herzbeutels der Truncus brachiocephalicus hervor. Dieser zieht ventrolateral der Trachea nach kranial und wird von der Vena cava cranialis zunächst rechts und dann dorsal zum Brusteingang hin begleitet (Waibl und Wilkens, 1996a).

Die Vena cava cranialis entspringt kraniodorsal aus dem Sinus venarum cavarum des rechten Herzvorhofs. Aus dem Anfangsabschnitt der Vena cava cranialis entspringt bei den Wiederkäuern, Fleischfressern und Pferden die Vena azygos dextra. Weiter kranial entspringen die Venae costocervicales dextra und sinistra, die Venae thoracicae interna dextra und sinistra und die Venae axillares dextra und sinistra. Bei den Wiederkäuern setzt sich die Vena cava cranialis vor dem Brusteingang in die Venae jugulares externae dextra und sinistra fort, bei der Ziege selten auch schon intrathorakal. Die Vena cava caudalis entspringt kaudal aus dem Sinus venarum cavarum des rechten Herzvorhofs und verläuft in einer Serosafalte kaudal in Richtung Centrum tendineum des Zwerchfells, wo sie in die Bauchhöhle übertritt (Waibl und Wilkens, 1996b).

4.1.5. Lymphatisches System

Das lymphatische System wird bei der Ziege innerhalb des Thorax in vier Lymphzentren unterteilt, denen die verschiedenen Lymphknoten zugeordnet sind (Vollmerhaus und Roos, 1996) (Tab. 1). Der Ln. tracheobronchialis cranialis und der grosse Lymphknoten der beiden Lnn. mediastinales caudales sind durch ihre langgestreckte Form sehr markant und daher auch in der Querschnittanatomie in einer Reihe von aufeinanderfolgenden Schnitten zu sehen. Für den grossen Ln. mediastinalis caudalis wird bei der Ziege eine Länge von 100 bis 130 mm angegeben (Vollmerhaus und Roos, 1996). Es wird auch beschrieben, dass die Lnn. mediastinales caudales bei der Ziege zu einem Knoten vereint sind (Tanudimadja und Ghoshal, 1973). Eine weitere Besonderheit des lymphatischen Systems der Ziege ist das mögliche Vorkommen beträchtlicher Thymusreste im präkardialen Mediastinum bis zu einem Alter von fünf Jahren (Vollmerhaus, 1996). Der Thymus besteht aus einem Kopf-, Hals- und Brustteil. Die Blutversorgung des Brustteils des Thymus erfolgt über zwei verhältnismässig starke Zweige aus dem Truncus brachiocephalicus. Der venöse Abfluss erfolgt über einen aus der Vena cava cranialis und der Vena thoracica interna sinistra abgehenden Zweig (Luckhaus, 1967).

Tab.1: Lymphatisches System im Brustraum der Ziege

Lymphzentren	Lymphknoten (Anzahl)	Lage
Lc. thoracicum dorsale	Lnn. thoracici aortici (5-6)	Dorsal der Aorta
	Lnn. intercostales (5-6)	Auf Höhe des Rippenkopfgelenks (beidseits)
Lc. thoracicum ventrale	Ln. sternalis cranialis (1)	Auf dem Manubrium sterni (beidseits)
Lc. mediastinale	Lnn. mediastinales craniales (2-3)	Im präkardialen Mittelfell
	Lnn. mediastinales medii (1-2)	Rechtsseitig über der Herzbasis
	Lnn. mediastinales caudales (2)	Zwischen der Aorta thoracica und dem Oesophagus
Lc. bronchale	Ln. bifurcationis sinister (1)	Vor dem Abgang des linken Stammbronchus
	Ln. bifurcationis medius (1)*	Dorsal auf der Luftröhrengabel
	Ln. bifurcationis dexter (1)*	Vor dem Abgang des rechten Stammbronchus
	Ln. tracheobronchialis cranialis (1)	Unterhalb des Bronchus trachealis
	Lnn. pulmonales (1)*	Am rechten und linken Stammbronchus bedeckt von Lungengewebe

* = Vorkommen inkonstant

4.2. Vergleichende Computertomographie und Querschnittanatomie

Für die genaue Interpretation der CT-Bilder des Thorax ist eine gründliche Kenntnis der Querschnittanatomie erforderlich (Zook et al., 1989; De Rycke et al., 2005). Für den Hund und die Katze liegen einige Untersuchungen vor, in denen die CT-Bilder des Thorax mit einer Reihe von anatomischen Schnitten desselben Tieres verglichen wurden (Zook et al., 1989; Smallwood und George, 1993; Samii et al., 1998; Rivero et al., 2004; De Rycke et al., 2005). Diese Studien verfolgten das Ziel, einen anatomischen Atlas für die CT-Bildinterpretation zu liefern. Nach der computertomographischen Untersuchung des Thorax von zwei bis vier Tieren pro Studie wurden die Tiere direkt im Anschluss noch in Narkose euthanasiert. Anschliessend wurden sie analog zur Position während der CT-Untersuchung eingefroren. In einer der Untersuchungen wurden die Tiere direkt nach der Euthanasie ausgeblutet, und es wurden rote bzw. blaue Latexpräparate in das arterielle bzw. venöse System injiziert (Rivero et al., 2004). Die aus den gefrorenen Tieren hergestellten anatomischen Schnitte wurden fotografiert und dem korrespondierenden CT-Bild gegenübergestellt. Für den Hund liegen auch zwei CT-Bild-Atlanten in Form eines Buches vor (Freeney et al., 1991; Assheuer und Sager, 1997). Bisher ist nur eine Veröffentlichung über die Ziege erschienen (Smallwood und Healey, 1982). Diese beschreibt an zwei Nubierziegen die anatomischen Strukturen des Thorax im CT-Bild für das Einsetzen eines Kunstherzens am Menschen. Die CT-Bilder wurden jedoch nicht mit den anatomischen Querschnitten der Ziegen verglichen.

4.3. Computertomographie

4.3.1. Prinzip der Computertomographie

Der englische Physiker Hounsfield erläuterte im Jahre 1968 das Grundprinzip der Computertomographie wie folgt: Ein eng eingeblendeter Röntgenstrahl tastet eine transversale Körperscheibe in linearer Richtung ab. Gleichzeitig wird das hinter der Scheibe entstehende Strahlenintensitätsprofil von einem Szintillationsdetektor

aufgezeichnet. Wird diese lineare Abtastung aus zahlreichen Winkeln wiederholt, so resultiert daraus eine räumliche Verteilung der Absorptionswerte in der Körperscheibe, die als Bild dargestellt werden kann (Hounsfield, 1968).

4.3.2. Mathematische Bildrekonstruktionen

Die durchstrahlte Körperscheibe ist aus zahlreichen nebeneinander liegenden Volumenelementen (Voxeln) zusammengesetzt. Jedes punktförmige Bildelement (Pixel) des CT-Bilds, dargestellt in einem Quadratfeld von 512 x 512 Pixeln, repräsentiert ein kubisches Volumenelement des Objekts in einer bestimmten Graustufe. Dabei beschreibt die dritte Dimension des Volumenelements die Schichtdicke des durchgeführten CT-Scans (Abb. 1) (Bushberg et al., 2002).

Mit Hilfe eines Näherungsverfahrens, dem Faltungslogarithmus, und einer winkeltgerechten Rückprojektion werden die Absorptionswerte für jedes durchstrahlte Volumenelement ermittelt (Curry et al., 1990).

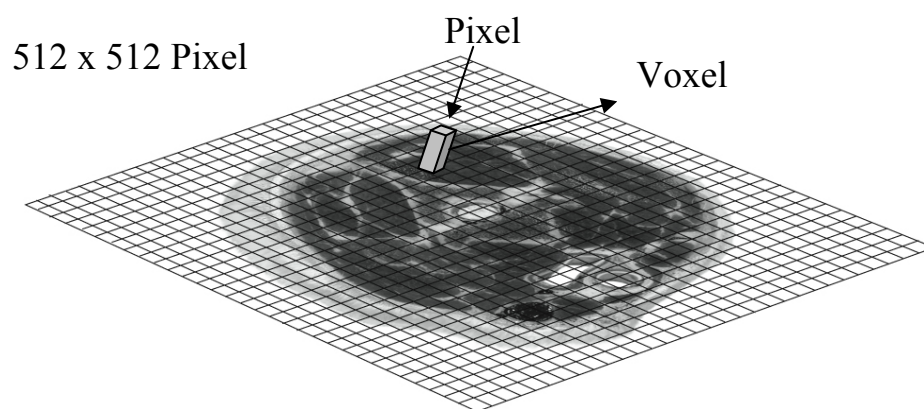


Abb. 1: Matrix des digitalen CT-Bilds

4.3.3. Hounsfieldskala

Die errechneten Absorptionswerte beschreiben das Ausmass der Abschwächung des Röntgenstrahls in Abhängigkeit von der Dichte des Gewebes. Sie werden quantitativ als Hounsfield-Einheiten (HE) oder CT-Nummern angegeben und rangieren zwischen -1000 für Luft und +1000 für Knochen (Abb. 2). Der CT-

Wert 0 wurde dabei willkürlich dem Absorptionswert von Wasser zugeordnet (Morandi et al., 2003).

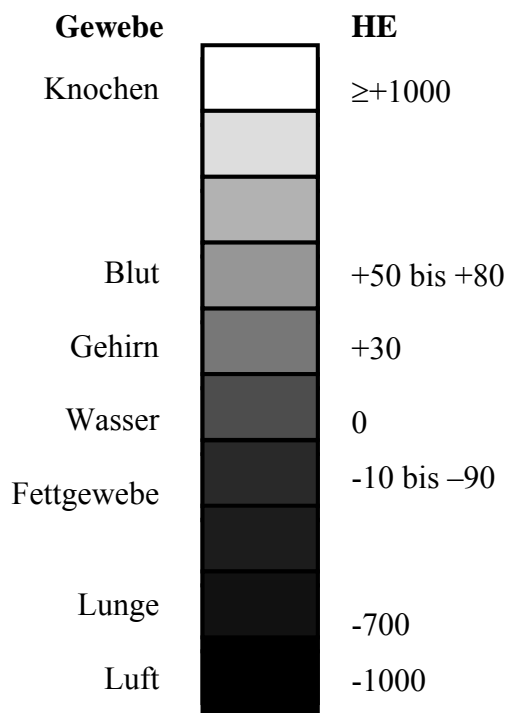


Abb. 2: Verteilung der Gewebe auf der Hounsfieldskala

4.3.4. Fenstertechnik

Die Absorptionswerte können in bis zu 4000 verschiedenen Graustufen sowie in weiss und schwarz dargestellt werden. Das menschliche Auge kann jedoch nur bis zu 20 verschiedene Grautöne differenzieren. Aus diesem Grund bedient man sich der sogenannten Fenstertechnik, bei der die zu differenzierenden Grautöne in Form eines Fensters auf einem bestimmten Bereich der Hounsfieldskala angesiedelt werden. Dabei repräsentiert die Fensterbreite den HE-Bereich, über den die Grautöne verteilt werden. Die Gewebe mit einer HE oberhalb dieses Bereichs werden weiss und diejenigen darunter schwarz abgebildet. Dabei sollte die Fensterlage oder das Zentrum des Fensters jeweils dem Gewebe bzw. der CT-Nummer des Gewebes von grösstem Interesse entsprechen (Ohlerth und Kaser-Hotz, 2001). Ein Lungenfenster verfügt über eine breite Fensterweite von 1000 bis 2000 HE und ist um einen negativen Wert von -600 bis -700 HE zentriert.

Das Weichteilfenster wird eng eingestellt (300 bis 400 HE) mit einer Zentrallage bei 40 bis 50 HE. Dieses führt zu einer besseren Kontrastauflösung innerhalb des Weichteilgewebes (Schwarz und Tidwell, 1999).

4.3.5. Entwicklungen von Computertomographen

Anfangen mit der ersten Generation um 1972, in der die Röntgenstrahlenquelle wie ein „Stift-Strahl“ auf einen einzigen Detektor ausgerichtet war, konnte die Strahlenquelle-Detektoreinheit insgesamt zwar um bis zu 180° um den Patienten rotieren, jedoch musste das gewünschte Untersuchungsfeld zunächst linear in parallelen Ebenen abgetastet werden (Translationsbewegung). Anschliessend erfolgte die Rotation der Strahlenquelle-Detektoreinheit (Rotationsbewegung), um die darauffolgende Translation aus einem anderen Projektionswinkel zu beginnen, bis jeder Winkel innerhalb des 180° -Intervalls erschlossen war (Abb. 3).

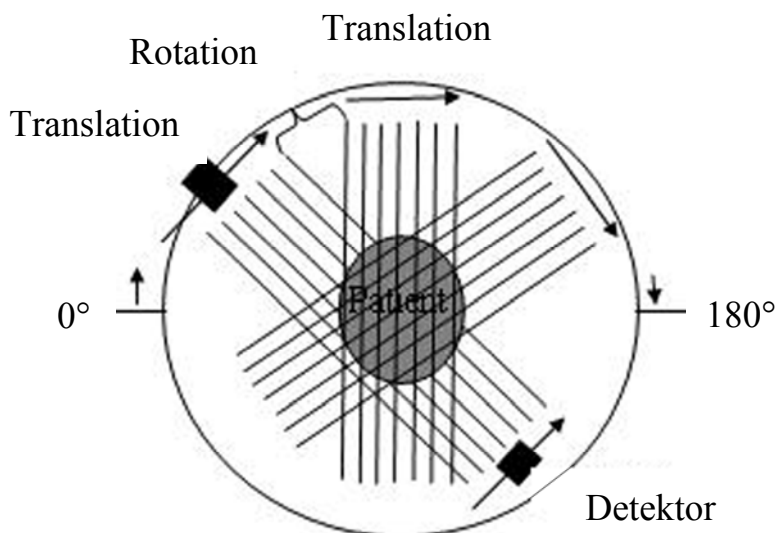


Abb. 3. Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der ersten Generation

Dies erforderte eine sehr lange Untersuchungszeit, welche für den Patienten mit einer erhöhten Strahlenbelastung verbunden war. Die entstehende Streustrahlung war jedoch im Vergleich zu den folgenden Generationen durch die genaue Ausrichtung der Strahlenquelle auf den Detektor am geringsten (Bushberg et al., 2002).

Um die Scanzeit zu reduzieren, wurde bei der zweiten Generation eine Art „Fächerstrahl“-Strahlenquelle entwickelt, die von bis zu 30 Detektoren gleichzeitig erfasst werden konnte (Abb. 4). Auf diese Weise konnten die Detektoren mehr Daten pro linearen Scan gewinnen, so dass weniger lineare Bewegungen nötig waren. Gleichzeitig waren durch die Möglichkeit grösserer Rotationsschritte weniger Rotations- bzw. Translationsbewegungen erforderlich, um das 180°-Intervall zu erschliessen. Dadurch konnte die Scanzeit im Wesentlichen verringert werden (Curry et al., 1990).

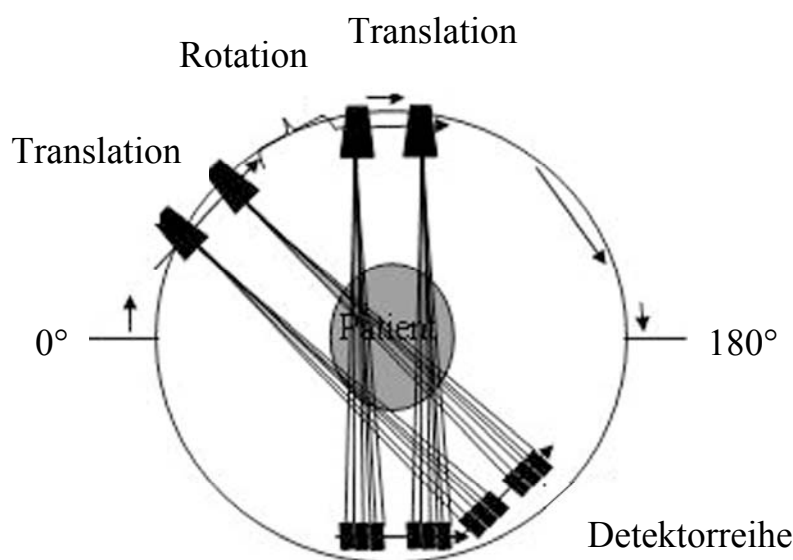


Abb. 4: Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der zweiten Generation

Mit der dritten Generation um 1975 wurde die lineare Translationsbewegung gänzlich abgeschafft, und es konnten sowohl die Strahlenquelle als auch eine Reihe hintereinander liegender Detektoren um 360° um den Patienten rotieren. Dabei war die Strahlenquelle wie zuvor durch einen Kollimator als „Fächerstrahl“ eingeblendet, deren Mittelpunkt genau auf die Mitte der im Kreis angeordneten Detektoren ausgerichtet war (Abb. 5).

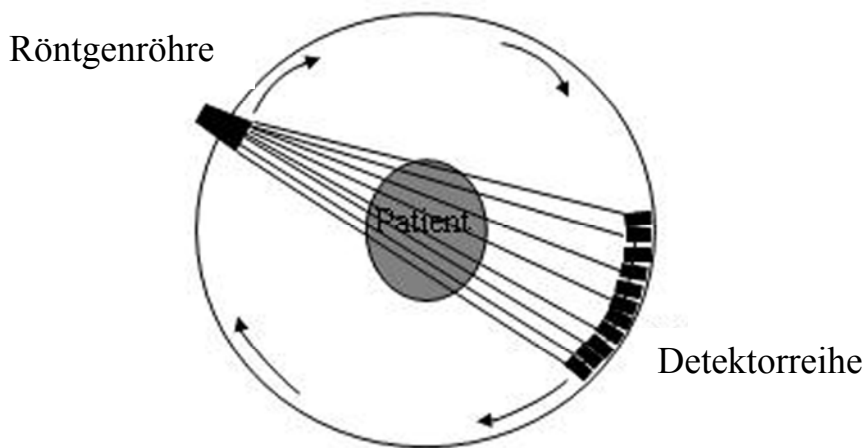


Abb. 5: Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der dritten Generation

In der vierten Generation rotierte die Röntgenröhre innerhalb eines geschlossenen 360°-Detektorrings und die Detektoren rotierten demnach nicht. Dies führte ebenfalls zu einer guten Bildqualität, und es konnten bis zu 4800 Detektoren im stationären Ring hintereinander angeordnet und von der rotierenden Strahlenquelle erfasst werden (Abb. 6). Die dritte und die vierte Generation zeichneten sich vor allem durch die Entwicklung einer verkürzten Scanzeit aus und lieferten dabei exzellente Ergebnisse. Ein prinzipieller Nachteil war jedoch ein höheres Ausmass an Streustrahlung durch die Strahlenquelle in Form eines Fächerstrahls (Curry et al., 1990).

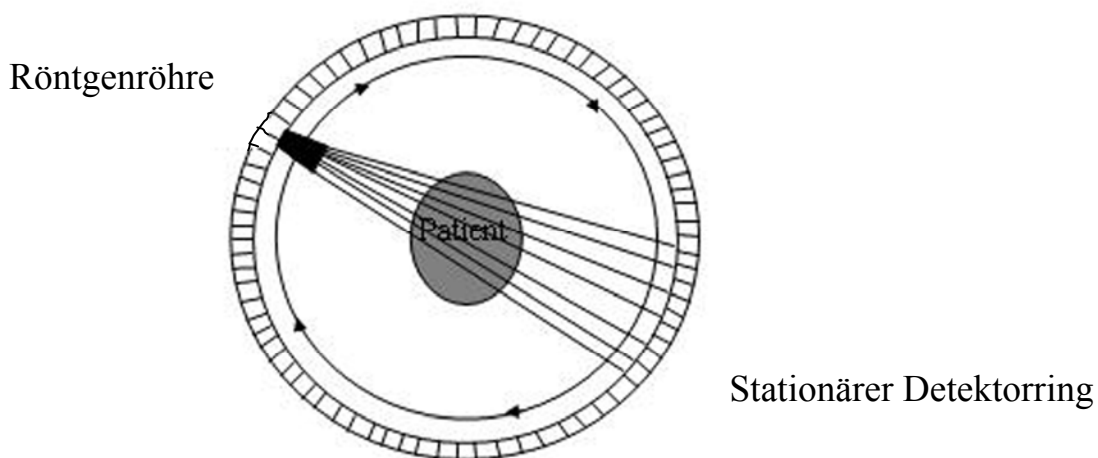


Abb. 6: Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der vierten Generation

Es folgte eine fünfte Generation, die speziell zur Herzdiagnostik entwickelt wurde und mit einer Elektronenstrahlenquelle arbeitete.

In der sechsten Generation um 1990 wurde mit einer neuen Technologie in Form eines Gleitrings die helikale Computertomographie eingeführt. Ein Gleitring ist ein zirkulärer Kontakt, der eine kontinuierliche Rotation des CT-Gerüsts in Form einer Helix um den Patienten erlaubt, ungebunden an jegliche Kabel (Abb. 7) (Bushberg et al., 2002). Zuvor musste das rotierende CT-Gerüst, die Gantry, nach jeder Schichtaufzeichnung bzw. jeder 360°-Rotation wegen der mitlaufenden Kabel gestoppt und die darauffolgende Rotation in entgegengesetzter Richtung ausgeführt werden (konventionelle, taktweise Akquisition). Durch die Entwicklung der helikalen CT konnten Patienten kontinuierlich abgefahren und grössere Rotationsgeschwindigkeiten erreicht werden, was sich in kürzeren Scanzeiten manifestierte (Bushberg et al., 2002). Dabei lieferte die überlappende Bildrekonstruktion einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der longitudinalen Auflösung.

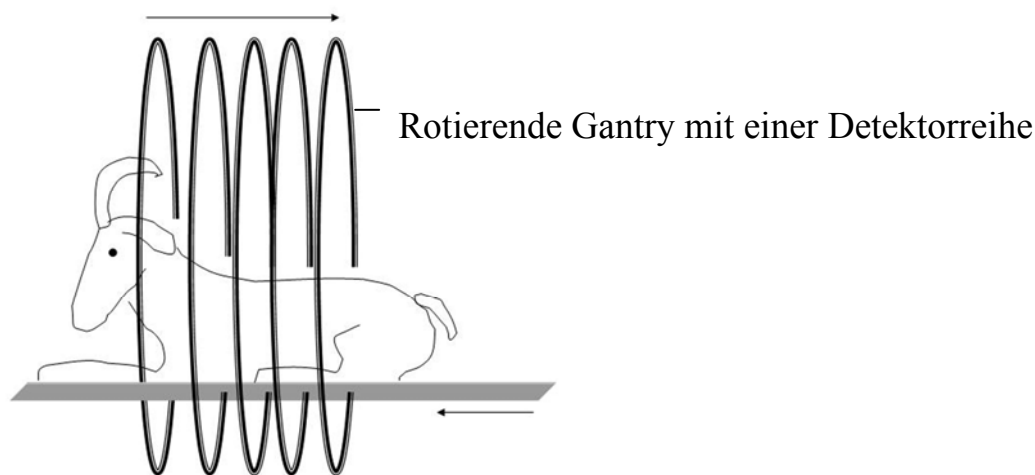


Abb. 7: Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der sechsten Generation

Grosse Nachteile der helikalen Einschicht-CT waren eine ungenügende Volumenabdeckung über die Zeit und eine mangelnde longitudinale Auflösung durch die Wahl einer breiten Schichtdicke (Flohr, 2008). Mit der siebten Generation wurden

diese Nachteile überwunden, da eine Anordnung von mehreren Detektorreihen nebeneinander möglich wurde (Mehrschicht-CT) (Abb. 8). Auf diese Weise werden mehrere Körperschichten gleichzeitig abgefahren und zudem rotiert die Gantry schneller. Dies erlaubt eine grössere Volumenerfassung und eine verbesserte longitudinale Auflösung. Dabei wird die Schichtdicke nicht mehr durch den Kollimator bestimmt, sondern durch die Detektorengrösse (Bushberg et al., 2002).

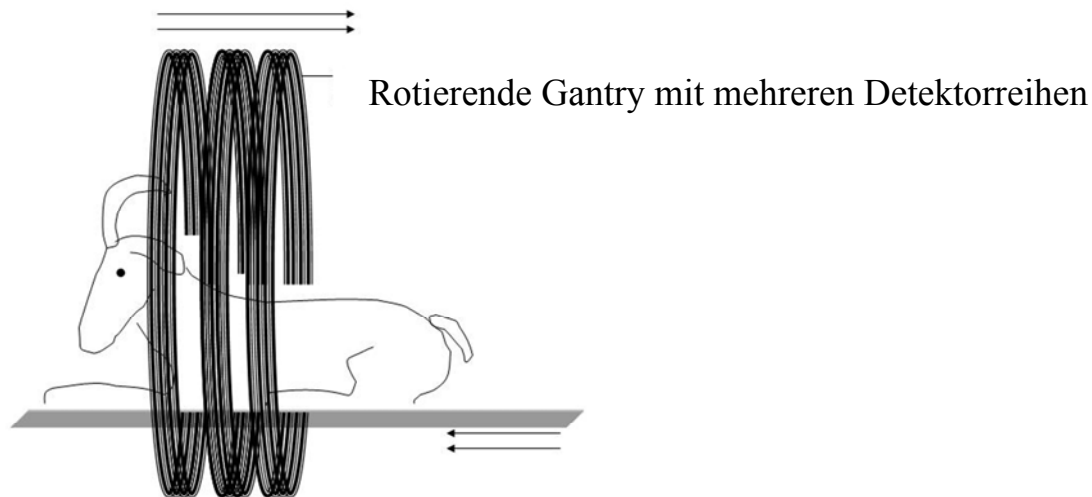
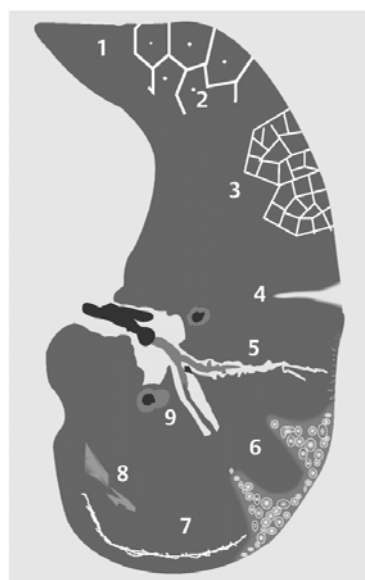


Abb. 8: Untersuchungsprinzip bei den CT-Geräten der siebten Generation

4.4. Anwendungen der Computertomographie im Bereich des Thorax beim Menschen

In der Humanmedizin hat sich die Computertomographie zur Diagnosestellung thorakaler Erkrankungen sehr weit etabliert. Sie wird genutzt, um eine Reihe von Abnormalitäten von Lunge, Bronchien und Mediastinum zu evaluieren (Prather et al., 2005). Für den Nachweis von Lungenläsionen, insbesondere von Metastasen, wird die Computertomographie als die Bildtechnik mit der grössten Präzision angesehen (Schwarz und Tidwell, 1999). Die Unterteilung der Lungenlappen in mehrere Segmentläppchen (Lobuli) mit den dazwischenliegenden inter- und intra-lobulären Septen ist bei der menschlichen Lunge unvollständig. Der Versorgungstyp ist in der Peripherie der Lungenlappen bronchovaskulär, zentral zum Lungenhilus hin jedoch bronchoarteriell, da sich hier nur die Arterien in enger An-

lehnung an die Bronchienaufteilung halten, die Venen verfolgen einen direkteren Weg zum Lungenhilus (Mc Laughlin, 1961). Eingeteilt werden die pathologischen Veränderungen innerhalb der menschlichen Lunge im CT-Bild in vier Grundmuster. Beim ersten handelt es sich um lineare und retikuläre Verschattungen (Abb. 9), die durch eine Verdickung des retikulären Netzwerks hervorgerufen werden und einer Flüssigkeitseinlagerung, einer zellulären Infiltration oder einer Bindegewebsvermehrung entsprechen. Das zweite Grundmuster sind noduläre Verdichtungen, welche als rundliche Verschattungen mit einem Durchmesser von nicht mehr als 3 cm definiert sind.



- 1 = Normale Zeichnung
- 2 = Verdickung der interlobulären Septen
- 3 = Verdickte intralobuläre Septen
- 4 = Mehrere Millimeter dicke Parenchymbänder
- 5 = Grenzflächenzeichen („interface signs“)
- 6 = Honigwabenlunge mit zystischen Alveolarräumen
- 7 = Pleuraparallele (subpleurale) Linien
- 8 = Irreguläre lineare Verdichtungen
- 9 = Verdickung des peribronchovaskulären Bindegewebes

Abb. 9: Lineare und retikuläre Verschattungen des Lungenparenchyms (aus Jacobi und Thalhammer, 2006. Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung des Autors)

Das dritte Grundmuster beschreibt eine erhöhte, das vierte eine verminderte Lungendichte. Die normale menschliche Lunge hat eine Dichte zwischen -770 und -875 HE. Dabei wird die Lungendichte durch den prozentualen Anteil von Luft, Blut, Flüssigkeit (alveolär, interstitiell und intrazellulär) und Bindegewebe bestimmt. Eine Parenchymkrankheit mit erhöhter Dichte entsteht durch die Abnahme des Luftgehalts oder durch die Einlagerung von Flüssigkeit und Zellen.

Unter das Muster einer vermehrten Lungendichte mit flächenhafter Ausbreitung fällt auch eine Atelektase (Abb. 10), bei der meist eine Obstruktion eines Lungenabschnitts vorliegt. Im CT stellt sich eine derartige Verdichtung durch eine Volumenzunahme der angrenzenden Lungenareale dar; zusätzlich kann es zu einer Verziehung von Gefässen und Lappenspalten in Form eines Kometenschweif kommen (Jacobi und Thalhammer, 2006).



- 1 = Tumor am Hilus und Atelektase mit s-förmiger Begrenzung
- 2 = Massenfibrose mit Ausläufern zum Hilus und zur Pleura
- 3 = Atelektase mit konkaver Begrenzung
- 4 = Pneumonie mit konvexer Begrenzung
- 5 = Milchglasartige Fibrose unterschiedlicher Ausprägung
- 6 = Rundatelektase mit typischem Kometenschweif

Abb. 10: Verdichtungen innerhalb des Lungenparenchyms (aus Jacobi und Thalhammer, 2006. Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung des Autors)

Dabei liegen bei einem infiltrativen Entzündungsgeschehen, wie z. B. bei einer interstitiellen Pneumonie, Veränderungen vor, die die normale Lungenstruktur hervorheben. Es treten verdickte intra- und interlobuläre Septen auf, die häufig mit einer milchglasartigen alveolären Verschattung oder Konsolidierung als Zeichen einer vermehrten Lungendichte kombiniert sind. Die Möglichkeiten der exakten Evaluation von pathologischen Veränderungen innerhalb der Lunge haben sich vor allem durch die Entwicklung der hochauflösenden Computertomographie (High Resolution Computed Tomography, HRCT) ergeben, bei der sehr dünne Körperschichten eingeblendet, erhöhte Expositionswerte und ein sehr feiner Re-

chenalgorithmus zur Rekonstruktion verwendet werden (Schwarz und Tidwell, 1999).

4.5. Anwendungen der Computertomographie im Bereich des Thorax beim Tier

Im Bereich des Thorax liegen für den Hund und die Katze einige wenige Veröffentlichungen vor, in denen die CT als bildgebendes Verfahren für die Diagnostik angewandt wurde. Bei der Katze konnten Atelektasen, eine Vergrößerung der bronchialen Lymphknoten, Bronchialkarzinome sowie Entzündungen der Lunge sicher diagnostiziert werden (Henninger, 2003). Mittels HRCT wurden drei Hunde mit Verdacht auf ein metastatisches Bronchialkarzinom untersucht. In dieser Studie wurde erstmals das zuvor beschriebene Schema der vier pathologischen Grundmuster im CT der Lunge auf das Tier übertragen. Die nach diesem Schema festgehaltenen Lungenbefunde korrelierten eng mit den pathologischen Befunden (Johnson et al., 2004). In einer anderen Studie konnte eine Erkrankung der kleinen Luftwege mit der Computertomographie anhand von dilatierten Bronchien und Bronchiolen mit einer verdickten Wand aufgezeigt werden (Winters et al., 2006). Die Computertomographie wird mittlerweile auch bei Grosstieren angewandt, jedoch bleibt die CT-Untersuchung des Thorax aufgrund des Grössenumfangs auf die jugendlichen, unausgewachsenen Tiere beschränkt. In einer neueren Studie aus dem vergangenen Jahr (Lubbers et al., 2007) wurde der Thorax von zehn Kälbern computertomographisch untersucht, um nach einer experimentellen Infektion der Tiere mit einem Feldisolat des Erregers *Mannheimia haemolytica* die pathologischen Veränderungen innerhalb der Lunge zu verfolgen. Dabei erwies sich die Computertomographie als einzigartige Möglichkeit zur seriellen Untersuchung der Lungenveränderungen beim gleichen Tier.

In einer Vergleichsstudie der helikalen Computertomographie mit der konventionellen, taktweise aufzeichnenden CT konnte der gesamte Thorax eines Beagle Hundes mit einer helikalen CT in weniger als 30 Sekunden aufgezeichnet werden.

Der Hauptvorteil der helikalen CT liegt in einer verkürzten Akquisitionszeit, die in klinischen Situationen, in denen sich der Patient in einem kritischen Zustand befindet und die Narkose kurz gehalten werden muss, sehr wichtig ist (Morandi et al., 2003). Auch die Bewegungsunschärfe in den Bildern durch die kontinuierliche Herz- und Atemtätigkeit kann durch eine verkürzte Scanzeit minimiert werden.

4.6. Vermessung der anatomischen Strukturen innerhalb des Thorax

Bisher liegen keine röntgenologischen und computertomographischen Untersuchungen vor, die sich mit der Vermessung der thorakalen Strukturen bei der Ziege befassen. Beim Lama wurden die Röntgenbilder von 16 Tieren der gleichen Art vermessen (Mattoon et al., 2001). Dabei wurden die Herzhöhe und -breite, die Thoraxhöhe, die Distanz zwischen den Brustwirbeln und den Rippen drei bis fünf, die Höhe des vierten Brustwirbels, die Kontaktfläche des Herzens mit dem Zwerchfell, die Weite der rechten kranialen Lungenlappenarterie und -vene in unmittelbarer Anlehnung an den Bronchus trachealis, die Höhe der Vena cava caudalis, die Tracheahöhe und der Winkel der Trachea zur Wirbelsäule bestimmt. Laut Mattoon et al. (2001) können Werte wie die Herzbreite oder Herzhöhe zum Aufzeigen einer möglichen Herzvergrößerung herangezogen werden; sie sind jedoch als absolute Werte allein aufgrund der Grössenunterschiede der Tiere nicht aussagekräftig. Daher werden in der Realität meistens Verhältnisse aufgestellt, in denen die gemessenen Werte anatomischen Strukturen gegenübergestellt werden, die in Abhängigkeit von der Grösse des Tieres beständig bleiben. Beim Lama erschien das Verhältnis der Herzgrösse zur Thoraxhöhe oder zur Distanz zwischen den Brustwirbeln 3 bis 5 aufgrund von kleinen Standardabweichungen als am besten nachvollziehbar (Mattoon et al., 2001). Eine geläufige Methode ist die Bestimmung der vertebralen Herzgrösse auf der seitlichen Röntgenaufnahme, bei der die Herzbreite, gemessen am Übergang zwischen linkem Herzvorhof und Ventrikel bis hin zum ventralen Winkel der Vena cava caudalis, und die Herzhöhe, gemessen ventral der Tracheabifurkation bis zur Herzspitze, addiert werden. Die

Summe wird an der Brustwirbelsäule desselben Tieres mit einem Lineal angelegt und vom vierten bis zum zehnten Brustwirbel in Brustwirbelkörperlängen angegeben. Für den Hund ergibt sich ein Wert von 9.7 ± 0.5 Brustwirbeln und für die Katze ein solcher von 7.5 ± 0.3 Brustwirbeln (Buchanan und Bucherler, 1995).

Bei Hunden mit Rechtsherzinsuffizienz wurde der radiologisch ermittelte Durchmesser der Vena cava caudalis in das Verhältnis zum Durchmesser der Aorta, zur Länge des Brustwirbels oberhalb der Tracheabifurkation und zur Breite der rechten vierten Rippe gesetzt (Lehmkuhl et al., 1997). Die Werte wurden mit denen aus einer gesunden Kontrollgruppe verglichen. Auch in dieser Untersuchung wäre ein Vergleich der absoluten Werte der Vena cava caudalis aufgrund der Grössenunterschiede zwischen den Hunden nicht adäquat gewesen. Die Verhältnisse waren bei den erkrankten Hunden im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant grösser. Es wurde von abnormalen Druckverhältnissen im rechten Herzen ausgegangen, wenn der Quotient aus dem Durchmesser der Vena cava caudalis und der Länge des Brustwirbels oberhalb der Tracheabifurkation grösser als 1 war.

Beim Menschen liegen mehrere Veröffentlichungen vor, in denen der interbronchiale Winkel als Hinweis auf eine Vergrösserung des linken Herzvorhofs diskutiert wird (Haskin und Goodman, 1982; Murray et al., 1995; Karabulut, 2005). Es wird angenommen, dass ein vergrösserter linker Vorhof den linken Stammbronchus nach oben drücken kann und so eine Winkelvergrösserung herbeiführt. Dabei beschreibt Karabulut (2005) abschliessend, dass der interbronchiale Winkel stets stark variiert und nur einen geringen diagnostischen Wert hat, da er nicht nur von der Grösse des linken Atriums, sondern auch von Geschlecht und Habitus sowie der Position der Carina der Trachea des Patienten abhängt.

Zwei computertomographische Studien befassen sich mit der Vermessung der Bronchien von Hunden (Mc Namara et al., 1992; Wood et al., 1995). Dabei wurden einzelne Lungenlappen nach der Euthanasie unter konstantem Druck mit einem CT gescannt. Aus der inneren, luminalen Fläche und der äusseren Gesamtfläche der Bronchien wurde die Wandfläche berechnet. Darüber hinaus wurden als

Index für die Rundung der Bronchien der grösste luminale Durchmesser und der luminale Durchmesser senkrecht zu diesem bestimmt. In einer dreidimensionalen Rekonstruktion konnten auch die Längen, Durchmesser und Winkeländerungen innerhalb der einzelnen Abschnitte des Bronchialbaums bestimmt werden. Die CT-Untersuchung des Lungenparenchyms wurde von den Autoren als nichtinvasive Methode angesehen, die eine exakte Vermessung der Luftwege erlaubt. In vivo dürften solche Messungen aufgrund der Bewegungsartefakte allerdings wesentlich schwieriger sein.

4.7. Vergleiche der Computertomographie mit der konventionellen Radiographie und Sonographie

Beim Kleintier stellt das konventionelle Röntgen die Bildtechnik der Wahl dar, welche bei der Beurteilung des Thorax zuerst zum Einsatz kommt (Schwarz und Tidwell, 1999). Bei unklaren Befunden kann eine sonographische Untersuchung hilfreich sein (Prather et al., 2005). Diese wird zur Identifikation von Lungenkonsolidationen, Tumoren oder Atelektasen sowie als begleitende Visualisierungstechnik bei der Feinnadel-Aspiration von Flüssigkeit oder einer Biopsieentnahme genutzt. Auch beim Nutztier spielt die Untersuchung des Thorax mittels Ultraschall eine grosse Rolle, da die röntgenologische Untersuchung meist allein durch die Körpergrösse des Tieres limitiert ist (Schwarz und Tidwell, 1999). Eine sichere Beurteilung des kranialen Thoraxraumes im Röntgenbild ist beim Grosstier nicht möglich, da die Lunge hier durch das Skelett der Vordergliedmasse verdeckt wird. Auch kleine Ergüsse sind unzuverlässig sichtbar. Die Ultraschalluntersuchung erlaubt die Darstellung von peripheren Läsionen des Lungenparenchyms an der Lungenoberfläche und von Veränderungen, die von der Lungenoberfläche aus in die Tiefe gehen. Diese Veränderungen wären auf dem Röntgenbild in Zusammenhang mit einem Pleuraerguss nicht sichtbar (Schwarz und Tidwell, 1999). Wenn die Veränderungen jedoch in der Tiefe liegen und von normalem Lungengewebe umgeben sind, können diese mit dem Ultraschall nicht dargestellt

werden, da der Ultraschall nicht in der Lage ist, mit Luft oder Gas gefüllte Strukturen zu durchdringen. Eine Ultraschalluntersuchung des Thorax beim Kleintier kann meist in Sternallage des Patienten durchgeführt werden und ist für einen Patienten mit Dyspnoe weniger belastend als eine radiologische Untersuchung in Seiten- und Rückenlage (Scott und Gessert, 1998).

Die Computertomographie vereinigt die Vorteile der radiologischen und sonographischen Untersuchung. Darüber hinaus ermöglicht sie eine gleichzeitige Darstellung der Lunge, des Mediastinums, des Pleuraraums und der Thoraxwand in der transversalen Ebene. Sie bietet dadurch einzigartige diagnostische Informationen, die mit der konventionellen Röntgentechnik und der Ultraschalluntersuchung nicht zu erreichen sind. Dabei erlaubt die Computertomographie eine bessere Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Gewebedichten innerhalb des Thorax als das Röntgen und ermöglicht das Aufzeigen von feinen Veränderungen der Organe in ihrer Grösse, Form, Kontur oder Lage (De Rycke et al., 2005). Die Bestimmung der Kontur einer pathologischen Veränderung kann darüber hinaus auch für eine geplante Radiotherapie essentiell sein. Bei Patienten mit einer pulmonären Masse kann diese in vielen Fällen schon auf dem Röntgenbild gesehen werden, sofern sie nicht weit in der Mitte des Thorax liegt. Ist dies der Fall, so kann eine CT-Untersuchung erforderlich sein, um den befallenen Lungenlappen genau zu identifizieren. Auch das Aufzeigen von parenchymatösen Läsionen bei Vorhandensein eines Hydrothorax ist mit der Computertomographie möglich (Burk, 1991). Ein Computertomograph produziert Lungenbilder mit einer ausgezeichneten Dichteauflösung, die frei sind von der Überlagerung durch andere überlappende thorakale Strukturen (Schwarz und Tidwell, 1999). Diese mögliche Überlagerung von Strukturen wird durch die zweidimensionale Abbildung eines dreidimensionalen Objektes im Röntgenbild als limitierender Faktor angesehen (Prather et al., 2005; Rivero et al., 2005).

5. Material und Methodik

5.1. Untersuchte Tiere

Die Untersuchungen wurden zwischen dem 1. August 2007 und dem 30. April 2008 an 30 weiblichen Saanenziegen durchgeführt. Die Ziegen waren 2 bis 6.5 Jahre alt (4.9 ± 1.10 Jahre) und stammten aus zwei verschiedenen Betrieben, welche die Tiere zur Schlachtung verkauft hatten. Die Ziegen waren klinisch gesund und wiesen ein Körpergewicht zwischen 42 und 86 kg (61.8 ± 9.95 kg) auf.

5.2. Gesamtprojekt

Die Untersuchungen waren Teil eines Projekts, welches von mehreren Doktoranden und Post-Doktoranden durchgeführt wurde und die sonographische Untersuchung von Thorax und Abdomen sowie die computertomographische Untersuchung von Kopf, Hals, Thorax und Abdomen umfasste (Dissertationen von Désirée Jacquat, Kathrin Steininger, Mareike Becker-Birck, Mona Irmer, Mariano Makara; Postdoc- Projekte von Andreas Tschuor und Colin Schwarzwald). In einem weiteren Projekt, das im Rahmen der Narkose für die CT-Untersuchung durchgeführt wurde, wurden 2 verschiedene Ketaminpräparate untersucht. Die Untersuchungen wurden von insgesamt 8 Tierärztinnen und Tierärzten durchgeführt, die darüber 6 Dissertationen und mehrere Publikationen verfassen werden.

5.3. Eigentliche Untersuchungen

Die klinische Untersuchung, die Blut-, Harn- und Pansensaft- und Kotuntersuchung wurde zusammen mit den Doktorandinnen Katrin Steininger, Mona Irmer und Désirée Jacquat durchgeführt.

5.3.1. Klinische Voruntersuchung

Jede Ziege wurde nach der Einlieferung ins Tierspital klinisch untersucht, um sicherzustellen, dass sie klinisch gesund war. Dazu gehörten die Beurteilung von Allgemeinbefinden, Herz- und Atemfrequenz, die Auskultation von Lunge, Pan-

sen und Darm sowie die Adspektion und Palpation des Euters. Darüber hinaus wurden von jeder Ziege eine Blut-, Harn-, Kot- und Pansensaftprobe genommen.

5.3.1.1. Entnahme und Untersuchung der Blutproben

Bei jeder Ziege erfolgte eine einmalige Untersuchung von Hämotokrit, Hämoglobin, Erythrozytenzahl, Leukozytenzahl, Plasmaprotein, Fibrinogen, Bilirubin, Harnstoff, Kalzium, Magnesium, anorganischem Phosphat, Kalium, Natrium und Chlorid. Darüber hinaus wurde eine Bestimmung der Aktivitäten der Enzyme Glutamat-Dehydrogenase, Aspartat-Amino-Transferase, γ -Glutamyl-Transferase, Kreatin-Kinase und Sorbit-Dehydrogenase sowie eine venöse Blutgasanalyse durchgeführt. Eine weitere Blutprobe wurde serologisch auf CAE (Caprine Arthritis und Enzephalitis) untersucht.

5.3.1.2. Entnahme und Untersuchung der Harnproben

Von 22 Ziegen wurde Spontanharn gewonnen und untersucht. Nach einer adspektorischen Beurteilung von Farbe und Transparenz erfolgte die Bestimmung des spezifischen Gewichts mit einem Handrefraktometer. Zusätzlich wurden mit einem Harnteststreifen (Combur Test[®], Roche Pharma AG, Grenzach, Deutschland) der pH-Wert sowie das Vorkommen und der Gehalt an Leukozyten, Erythrozyten, Hämoglobin, Nitrit, Urobilinogen, Bilirubin, Glukose, Keton- und Eiweisskörpern bestimmt.

5.3.1.3. Entnahme und Untersuchung von Pansensaft

Die Pansensaftentnahme konnte aufgrund von mangelnder Kooperativität der Ziegen bei nur 10 Tieren mit Hilfe einer Nasenschlundsonde aus Plastik (0.9 x 210 cm, Provet AG, Lyssach, BE), die durch die zentral runde Öffnung eines Holzmaulkeils geschoben wurde, durchgeführt werden. Anschliessend wurde der Pansensaft in ein kleines Röhrchen überführt, um mit einem pH-Universalindikatorstreifen (Merck AG, Zug, ZG) den pH-Wert unmittelbar und den Chloridgehalt

später im Labor nach dem Prinzip der coulometrischen Titration bestimmen zu lassen.

5.3.1.4. Kotprobe und parasitologische Kotuntersuchung

Von jeder Ziege wurde eine Kotprobe gewonnen. Beurteilt wurden Farbe, Zerkleinerungsgrad, Konsistenz, Geruch und Menge, und es wurde auf etwaige Beimengungen geachtet. Darüber hinaus wurde jede Probe parasitologisch untersucht.

5.3.2. Anästhesie für die computertomographische Untersuchung

5.3.2.1. Vorbereitung der Anästhesie

Da die computertomographische Untersuchung zur Vermeidung von Bewegungsunschärfe standardmässig in Narkose erfolgt, wurden die zu untersuchenden Tiere bereits am Abend zuvor auf die Narkose vorbereitet und gefastet. In der Regel konnten zwei Tiere zusammen von der Ziegengruppe separiert und in einer Spänebox aufgestellt werden. Der Futterentzug erfolgte zwölf Stunden und der Trinkwasserentzug zwei Stunden vor Narkosebeginn. Am Morgen der CT-Untersuchung wurde jedem Tier ein Venenverweilkatheter (Angiocath 14 GA, BD Medical, Utah, USA) in die Vena jugularis gelegt, nachdem die Einstichstelle mit Hibiscrub-Seife[®] gewaschen, rasiert und mit Alkohol (70%) desinfiziert worden war. Unmittelbar darauf wurden die Ziegen einzeln in den CT-Untersuchungsraum geführt.

5.3.2.2. Anästhesie der Ziegen

Nach einer nochmaligen klinischen Untersuchung mit Bestimmung von Herz- und Atemfrequenz, Rektaltemperatur und Beurteilung der Maulschleimhäute wurden die Ziegen mit Xylazin Streuli[®] (Streuli Pharma AG, Uznach, SG) sediert. Die Dosis betrug 0.1 mg/kg Körpergewicht (KG) Xylazin, verdünnt mit NaCl (Natrium-Chlorid Fresenius 0.9 %, Fresenius Kabl Norge AS, Norwegen) auf ein Volumen von 20 ml. Dieses Volumen wurde mit einer Spritzenpumpe, die an den Jugu-

larvenen katheter angeschlossen wurde, über 5 Minuten verabreicht (Flussrate 240 ml/h).

Die Narkoseeinleitung erfolgte mit Ketamin intravenös. Im Rahmen der oben erwähnten Ketamin-Vergleichsstudie wurden die Ziegen alternierend mit Ketamin (3 mg/kg KG Narketan[®] 10 %, Vetoquinol AG, Ittingen, BE) bzw. mit S-Ketamin (1.5 mg/kg KG Keta-S[®] 6 %, Graeub AG, Bern, BE) behandelt, ebenfalls verdünnt mit NaCl auf ein Volumen von 5 ml. Innerhalb von 10 bis 45 Sekunden verloren die Tiere ihr Standvermögen und wurden in sternaler Position auf dem Boden abgelegt, während der Kopf des Tieres mit beiden Händen aufrecht gehalten wurde. Daraufhin wurden die Ziegen mit Endotrachealtuben der Grösse 10 bis 11 intubiert, nachdem der Kehlkopf mit 1 bis 2 Sprühstössen Lidocain (Xylocain Spray 10%, Astra Zeneca AG, Zug, ZG) lokal betäubt worden war. Direkt im Anschluss wurden die Tiere auf den CT-Tisch gehoben und über den Trachealtubus an das Narkosesystem angeschlossen. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte mit 2 bis 2.5 % Isofluran (Forene[®], Abbott AG, Baar, Deutschland) in Form einer Inhalationsnarkose über ein halb-geschlossenes System. Der initiale Fluss von 50 % Sauerstoff (O₂) und 50 % Luft als Trägergase betrug 4 Liter pro Minute, nach 10 Minuten je 2 Liter pro Minute. Zur direkten Messung des Blutdrucks wurde jeder Ziege ein Katheter (Surflo 20 G, Terumo GmbH, Eschborn, Deutschland) in die rechte oder linke Ohrarterie gelegt. Über diesen Katheter wurden während der Narkose in 30minütigen Abständen Blutproben für die Blutgasanalyse entnommen. Alle Parameter wurden mit einem I-Stat-Blutgasmessgerät (Abbott, East Windsor, NJ, USA) bestimmt. Zur Aufrechterhaltung des Flüssigkeitshaushalts während der Narkose wurde darüber hinaus jeder Ziege Ringer-Laktat (Fresenius Kabl Norge AS, Norwegen), durch einen Infusomat, angeschlossen an den Jugularvenenkatheter, mit einer Infusionsrate von 10 ml/kg KG pro Stunde verabreicht. Zusätzlich wurde die Hornhaut durch Auftragen einer Vitamin A-Salbe (Bausch & Lomb, Swiss AG, Steinhausen, ZG) entlang des unteren Augenlidwinkels vor Austrocknung geschützt. Die für die Narkose relevanten Parameter (Fluss

der Inhalationsgase, Herz- und Atemfrequenz, systolischer, diastolischer und mittlerer Blutdruck, prozentuale Sauerstoffsättigung, rektale Körpertemperatur) wurden alle 5 Minuten protokolliert. In der Regel war eine Narkosedauer von 90 Minuten für die computertomographische Untersuchung der gesamten Ziege und die sonographische Untersuchung des Herzens in Narkose nötig.

5.3.3. Computertomographische Untersuchung

Alle Ziegen wurden mit einem Computertomographen der siebten Generation (Somatom Sensation Open, Siemens, Erlangen, Deutschland) untersucht. Dabei handelt es sich um ein Gerät, das mit 20 Detektorreihen ausgestattet ist (Mehrschicht-CT). Mit diesem Computertomographen ist durch die alternierende Stellung des Strahlenfokus eine simultane Aufzeichnung (Akquisition) von maximal 40 Körperschichten pro Rotation möglich.

5.3.3.1. Untersuchungsablauf

Die Ziegen wurden auf dem CT-Tisch in einer Schaumstoffwanne sternal gelagert. Um eine möglichst gerade Ausrichtung des Tieres zu erreichen, wurden der Kopf und der Hals des Tieres zusätzlich mit Schaumstoffkissen fixiert. Die eigentliche CT-Untersuchung wurde mit einer Übersichtsaufnahme (Topogramm) der zu untersuchenden Regionen begonnen (Abb. 11).

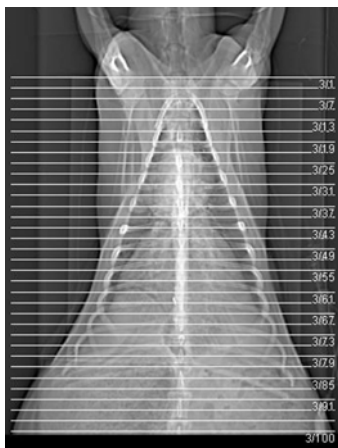


Abb. 11: Topogramm des Thorax einer 4-jährigen Saanenziege

Für dieses Summationsbild wurde die gesamte Ziege mit fest positionierter Röntgenröhre und ebenso fixierten Detektorreihen einmal zügig gescannt. Von der Reihenfolge her wurde im Schichtvorgang zunächst der Thorax untersucht, um das Risiko einer lagerungsbedingten Minderbelüftung (Atelektase) in den ventralen Anteilen der Lungenlappen zu minimieren. Darauf folgten die Abschnitte Abdomen, Hals und Kopf.

5.3.3.2. CT-Einstellungen

Die Untersuchung erfolgte mit einer Exposition von 120 kV und 350 mA in Transversalschnitten von kranial nach kaudal. Der Bildausschnitt, dargestellt in einem Quadratfeld von 512 x 512 Pixeln, lag zwischen 30 cm x 30 cm und 40 cm x 40 cm. Die Thoraxstudie wurde im Weichteilalgorithmus (B31s) gefahren, dabei betrug die Schichtdicke 5 mm. Anschliessend wurden Bilder sowohl im Knochenalgorithmus (B70s) als auch Bilder mit einer Schichtdicke von 1.5 mm zurückgerechnet (rekonstruiert).

5.3.3.3. Bildbearbeitung und Auswertung

Im Anschluss an die CT-Untersuchung wurden die Bilddaten jeder Ziege auf eine DVD-Rom gebrannt und darauf auf eine externe Festplatte (Lacie 500GB, Letec AG, Zürich, ZH) überspielt. Die Erhebung der CT-Befunde und die Durchführung der Messungen war auf der Arbeitsfläche und dank des Programms efilm merge™ 2.1 (Merge Healthcare, Milwaukee, USA) auch auf einem normalen PC an einem anderen Arbeitsplatz möglich. Die knöchernen Strukturen wurden in einem definierten Knochenfenster (Breite 3000 Hounsfieldeinheiten, Lage 300 Hounsfieldeinheiten, Abb. 12 A), die Weichteilstrukturen in einem Weichteilfenster (Breite 400 HE, Lage 40 HE, Abb. 12 B) und die Lunge in einem Lungenfenster (Breite 1200 HE, Lage -600 HE, Abb. 12 C) betrachtet und ausgewertet.

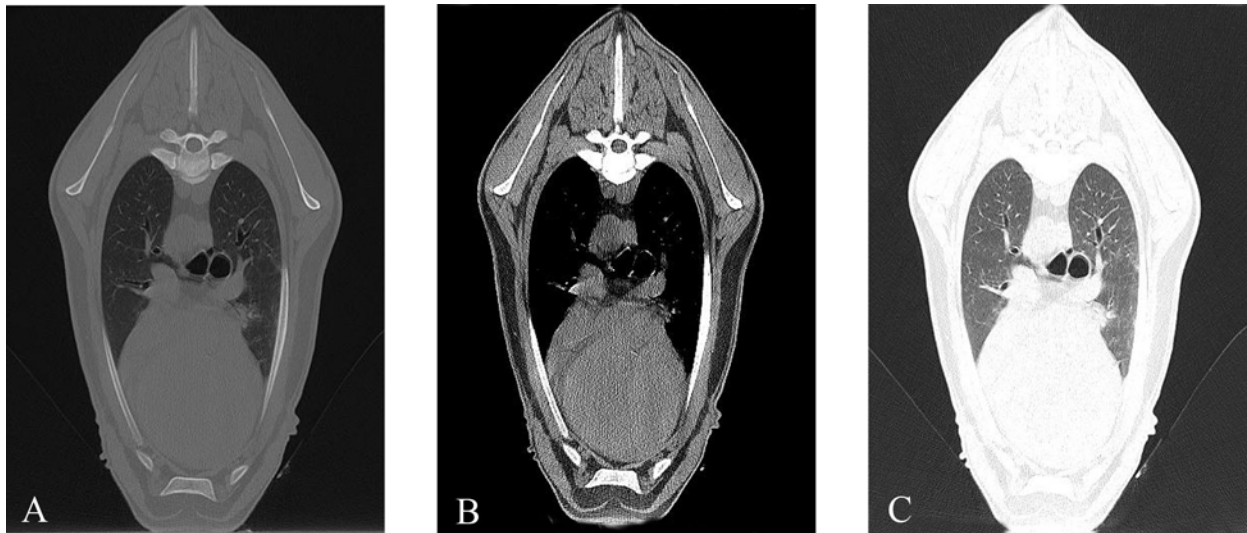


Abb. 12: Beurteilung von knöchernen Strukturen (A), Weichteilen (B) und Lunge (C) in den entsprechenden Knochen-, Weichteil- und Lungenfenstern (von links nach rechts) einer 4-jährigen Saanenziege

5.3.3.3.1. Knochenfenster (subjektive Beurteilung)

Im Knochenfenster konnten die Brustwirbelsäule, die Rippen, das Sternum und die Schulterblätter mit den proximalen Anteilen beider Humeri beurteilt werden.

5.3.3.3.2. Weichteilfenster (subjektive Beurteilung)

Im Weichteilfenster wurden die Muskeln, das Herz, die thorakalen Gefäße und Lymphknoten hinsichtlich ihrer Lage, Form und Ausdehnung beurteilt.

5.3.3.3.3. Lungenfenster (subjektive Beurteilung)

Im Lungenfenster wurde bei den Ziegen explizit auf das Vorkommen der folgenden pathologischen Veränderungen innerhalb des Lungenparenchyms geachtet: Verdickte intra- oder interlobuläre Septen, irreguläre lineare Verdichtungen, Parenchymbänder mit Pleurakontakt, Honigwabenlunge mit aufgeweiteten zystischen Alveolarräumen, pleuraparallele Linien, peribronchale Verdickungen, milchglasartige Verschattungen, Nodi oder Noduli, Bronchiektasien, Pleuraverdickungen, Atelektasen, Emphyseme und Konsolidierungen der Lunge. Die Beurtei-

lung erfolgte in Anlehnung an die beim Menschen beschriebenen vier pathologischen Grundmuster im CT der Lunge. Jedes Einzelkriterium wurde subjektiv in die Schweregrade gering-, leicht-, mittel- und hochgradig eingeteilt (Tab. 2). Als geringgradig wurden 1 bis 2 veränderte Regionen bis zu einer Grösse von maximal 2 cm² definiert. Als leichtgradig wurden 3 bis 5 veränderte Regionen bis zu einer Grösse von maximal 2 cm² oder nur eine veränderte Lungenregion bis zu einer Grösse von maximal 10 cm² bezeichnet. Sechs bis 10 veränderte Lungenregionen bis zu einer Grösse von maximal 2 cm² oder nur eine Region, die bis zu 50 % eines Lungenlappens einnahm, wurde als mittelgradig beurteilt. Mehr als 10 veränderte Regionen bis zu einer Grösse von maximal 2 cm² oder eine veränderte Lungenregion, die mehr als 50 % eines Lungenlappens einnahm, wurden als hochgradig eingestuft. Beim Vorliegen von mehreren gering- und leichtgradigen Veränderungen wurden diese in der Diagnose als leichtgradig zusammengefasst und beim Vorhandensein von auch nur einer mittelgradigen Veränderung wurde für das Tier insgesamt ein mittelgradiger Schweregrad protokolliert.

Tab. 2: Subjektive Einteilung der Lungenveränderungen in die Schweregrade gering- bis hochgradig

Schweregrade	Anzahl veränderte Regionen	Eine veränderte Region
Geringgradig	1 bis 2 ($\leq 2 \text{ cm}^2$)	$\leq 2 \text{ cm}^2$
Leichtgradig	3 bis 5 ($\leq 2 \text{ cm}^2$)	$\leq 10 \text{ cm}^2$
Mittelgradig	6 bis 10 ($\leq 2 \text{ cm}^2$)	< 50 % eines Lungenlappens
Hochgradig	> 10 ($\leq 2 \text{ cm}^2$)	> 50 % eines Lungenlappens

5.3.3.4. Messungen im Thorax

Bei jeder Ziege wurden der Thorax und seine Organe (Herz, Lunge, Aorta, Vena cava caudalis und cranialis, Lymphknoten) im Anschluss an die subjektive Beurteilung vermessen.

Multiplanare Rekonstruktion

Damit eine Vermessung der einzelnen Strukturen möglich war, musste vorher eine multiplanare Rekonstruktion durchgeführt werden. Diese erlaubte es, die Strukturen zusätzlich zur bereits vorhandenen transversalen Ebene (Abb. 13 A) auch in einer dorsalen (Abb. 13 B) und einer sagittalen Ebene (Abb. 13 C) darzustellen. Als sagittale Ebene wird in der Anatomie eine sich vom Kopf zum Becken und vom Rücken zu Bauch erstreckende Ebene bezeichnet, so dass man eine seitliche Ansicht des Körpers erhält. Die Sagittalebene durch die Körpermitte stellt die Medianebene dar. Die Messungen erfolgten im Knochen-, Weichteil-, und Lungenfenster mit dem Programm *efilm merge*™ 2.1 (Merge Healthcare, Milwaukee, USA). Die zu messenden Parameter werden in den folgenden Abschnitten einzeln beschrieben. Die Messergebnisse wurden in einer Excel-Tabelle festgehalten.

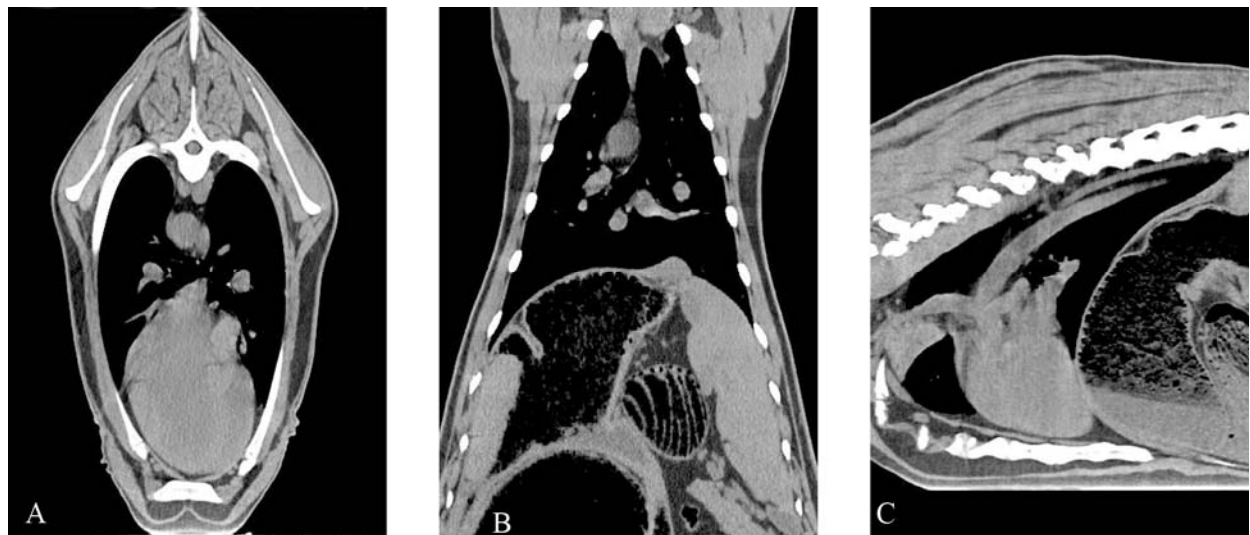


Abb. 13: Darstellung des Thorax einer vierjährigen Saanenziege im Weichteilfenster in der transversalen (A), dorsalen (B) und sagittalen (C) Ebene

Messungen im Knochenfenster

Im Knochenfenster wurden in der transversalen Ebene die Thoraxhöhe zwischen der Crista ventralis des ersten Brustwirbels und dem Manubrium sterni und der Crista ventralis des zweiten, vierten, sechsten und achten Brustwirbels und dem

Corpus sterni gemessen (Abb. 14 A, B, C, D, E). Die Thoraxbreite wurde in ihrer maximalen Ausdehnung auf der Höhe des achten Brustwirbels zwischen den Medialflächen der linken und rechten Rippe senkrecht zur Thoraxhöhe bestimmt (Abb. 14 F). In der Medianebene (sagittale Rekonstruktion) wurde der Winkel der Trachea zur Wirbelsäule bestimmt. Die Länge des Brustwirbels, auf dessen Höhe die Tracheabifurkation lag, wurde zwischen der kranialen und kaudalen Endplatte entlang der Crista ventralis gemessen.

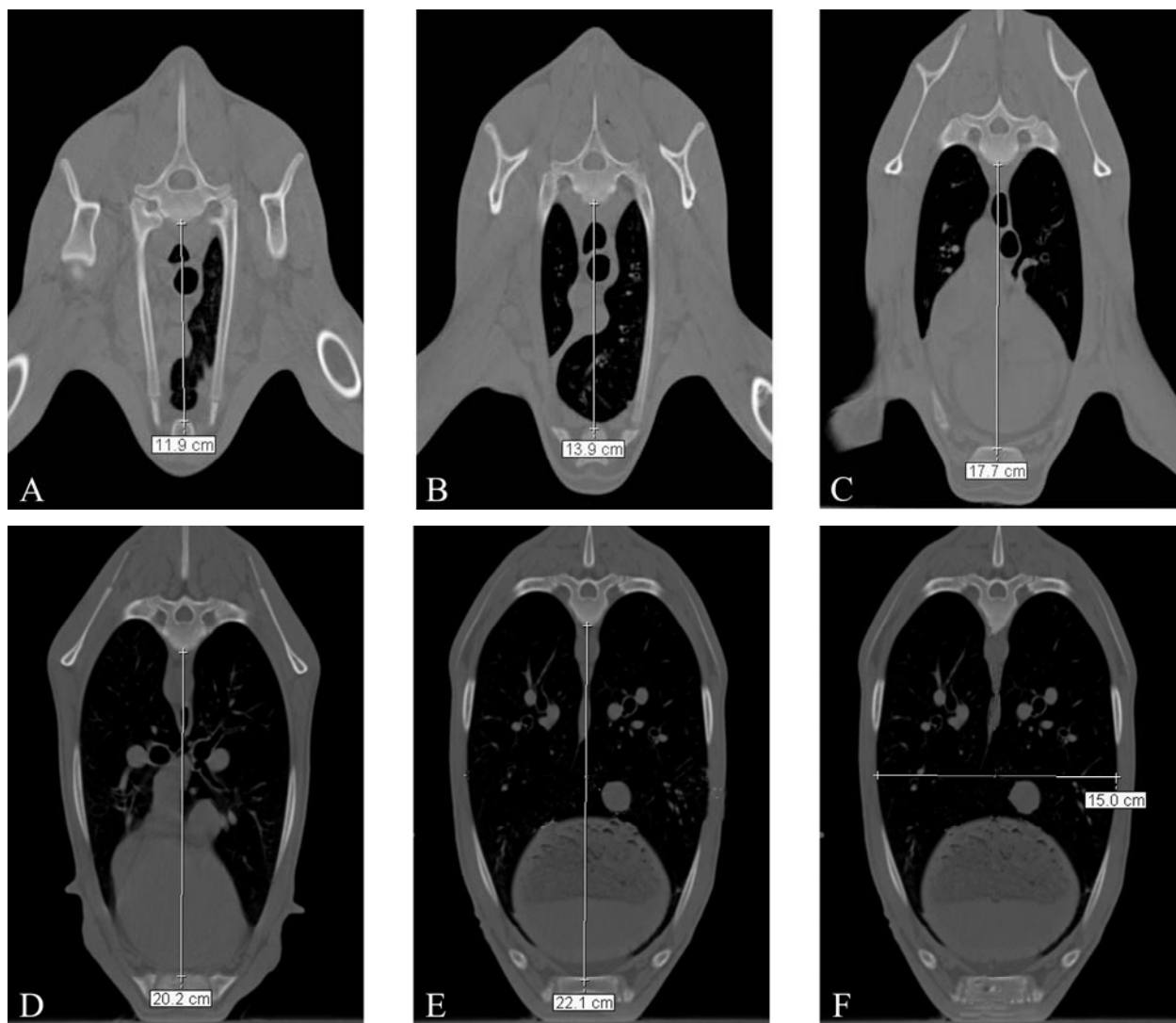


Abb. 14: Messung der Thoraxhöhe zwischen der Christa ventralis des ersten, zweiten, vierten, sechsten und achten Brustwirbels und dem Sternum (A-E) und der Thoraxbreite auf der Höhe des achten Brustwirbels zwischen den Medialflächen beider Rippen (F) im Knochenfenster in der transversalen Ebene

Messungen im Weichteilfenster

Die Herzbreite wurde in der sagittalen Ebene, wo das Herz die grösste Ausdehnung aufwies, auf Höhe der Atrioventrikularklappen gemessen (Abb. 15 A). Meist war dies 1 - 1.5 cm links der Medianebene der Fall. Die Herzhöhe wurde ebenfalls in der grössten Ausdehnung auf einer Linie ventral der Tracheabifurkation bis zur Herzspitze gemessen. Diese beiden Parameter wurden addiert und die Summe wurde an der Brustwirbelsäule in der Medianebene angelegt (Abb. 15 B). Für die vertebrale Herzgrösse wurde diese Distanz in Brustwirbelkörperlängen, gezählt ab dem vierten Brustwirbel, angegeben.

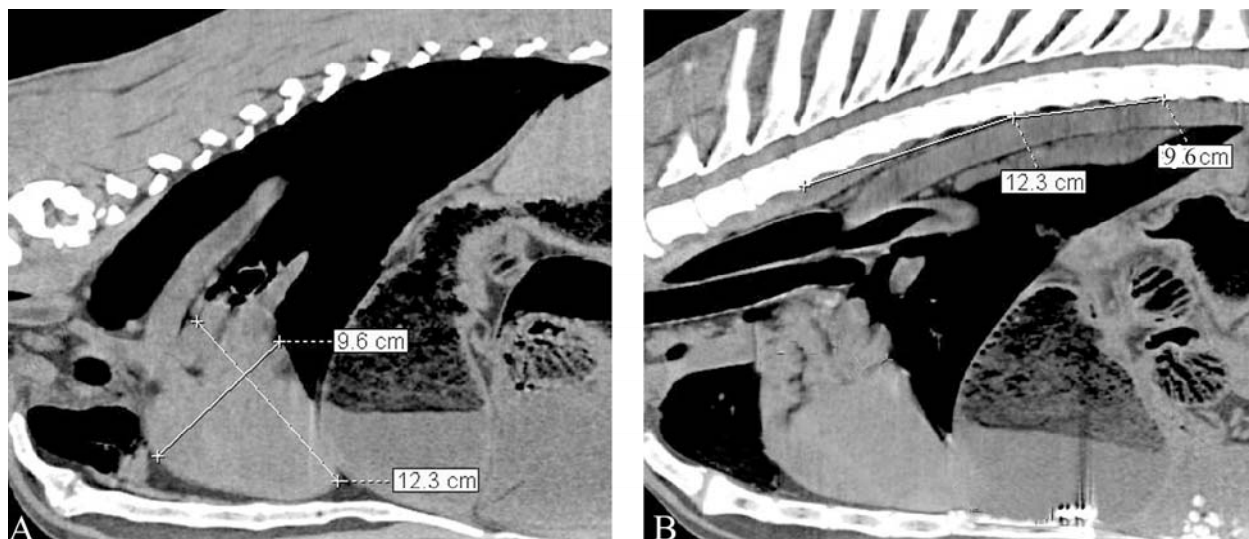


Abb. 15: Bestimmung der Herzhöhe und der Herzbreite in der maximalen Ausdehnung in einer sagittalen Ebene 1 cm links der Medianen (A) und der vertebra- len Herzgrösse in der Medianebene (B). Bei dieser Ziege beträgt die vertebrale Herzgrösse 8 Brustwirbelkörperlängen.

Die Durchmesser der Vena cava cranialis, der Aorta thoracica und der Vena cava caudalis wurden in derjenigen Sagittalebene, wo ihr Lumen am grössten war, be- stimmt. Für die Vena cava cranialis und die Aorta thoracica war dies 1 - 1.5 cm links der Medianebene (Abb. 16 A) und für die Vena cava caudalis in ihrem Ver- lauf zwischen Herz und Zwerchfell 1.5 - 2 cm rechts der Medianebene der Fall

(Abb. 16 B). In der gleichen Ebene wurden die Länge und Höhe des zwischen Aorta thoracica und Oesophagus liegenden Ln. mediastinalis caudalis vermessen.

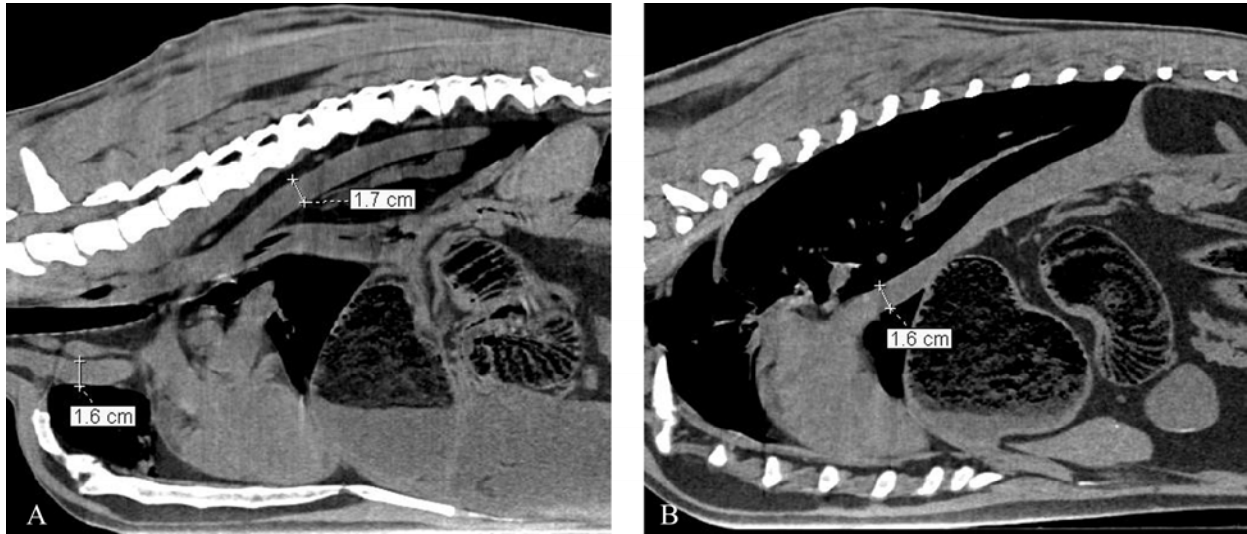


Abb. 16: Messung des grössten Durchmessers der Vena cava cranialis und der Aorta thoracica in der sagittalen Ebene 1 cm links der Medianen (A) und der Vena cava caudalis in der sagittalen Ebene 1.5 cm rechts der Medianen (B)

Messungen im Lungenfenster

In der transversalen Ebene wurde zunächst der Brustwirbel bestimmt, auf dessen Höhe die Tracheabifurkation lag. Die Tracheahöhe und die Tracheabreite wurden am Brusteingang auf der senkrechten Verbindungslinie zwischen der Crista ventralis des ersten Brustwirbels und dem Manubrium sterni gemessen (Abb. 17 A). Die Querschnittfläche der Trachea wurde unmittelbar vor der Tracheabifurkation bestimmt (Abb. 17 B). Unmittelbar im Anschluss an die Tracheabifurkation wurden am rechten und linken Stammbronchus die Querschnittfläche des Lumens und die Gesamtfläche, die durch die äussere Wand begrenzt wird, bestimmt (Abb. 17 C). Die Wandfläche wurde anschliessend durch Subtraktion der Lumenfläche von der Gesamtfläche errechnet. Darüber hinaus wurden an beiden Stammbronchien der grösste Durchmesser und ein zweiter Durchmesser senkrecht zu diesem bestimmt. Das Verhältnis der beiden Durchmesser an einem Stammbronchus zueinander liefert einen Anhaltspunkt über die Rundung der Bronchien.



Abb. 17: Messungen der Tracheahöhe und Tracheabreite am Brusteingang auf Höhe des ersten Brustwirbels (A), der Tracheafläche kurz vor der Bifurcatio tracheae auf der Höhe des vierten Brustwirbels (B) und der Stammbronchienflächen und Stammbronchiendurchmesser (C) in der transversalen Ebene

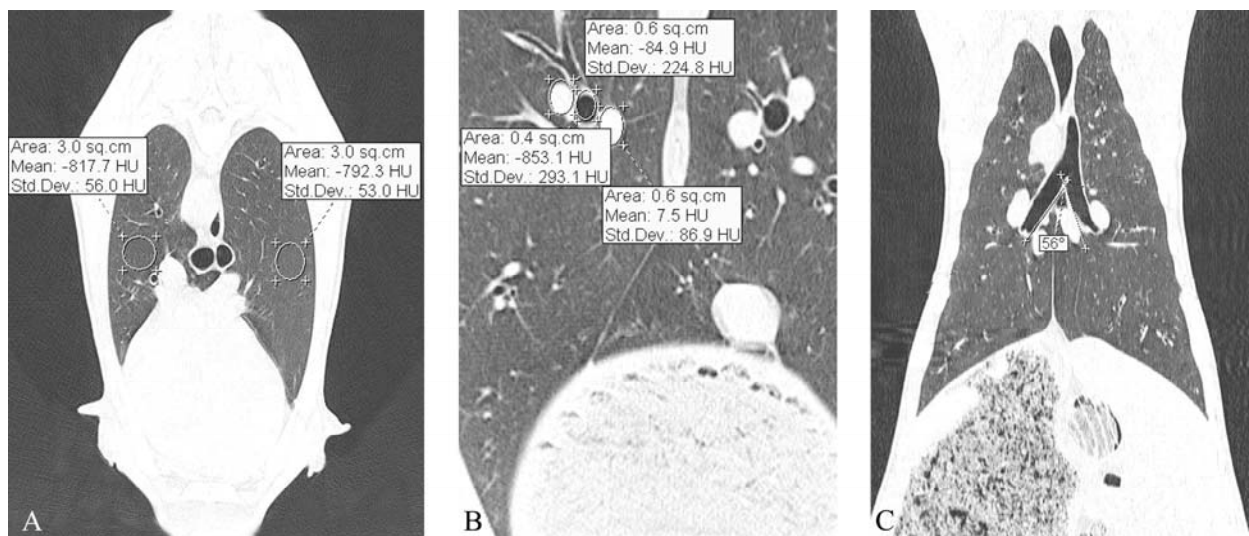


Abb. 18: Bestimmung der Lungendichte auf der Höhe der Stammbronchien in der transversalen Ebene (A), der Bronchuslumenfläche und der Querschnittfläche des Arterien- und Venenasts hier im linken Zwerchfelllappen auf der Höhe des sechsten Brustwirbels (B) und des interbronchialen Winkels in der dorsalen Ebene (C)

Die Lungendichte wurde auf der Höhe der Stammbronchien in einem definierten Gebiet von 3 cm² im rechten und linken Lungenlappen gemessen und in Hounsfield Einheiten angegeben (Abb. 18 A). Die Lumenfläche eines Lappenbronchus wurde sowohl im rechten als auch im linken Zwerchfelllappen auf der Höhe des sechsten Brustwirbels gemessen (Abb. 18 B). Unmittelbar lateral und medial des Lappenbronchus wurde die Querschnittsfläche des mitlaufenden Arterien- und Venenastes bestimmt. Der interbronchiale Winkel zwischen der Zentralachse des linken und rechten Stammbronchus wurde in der dorsalen Ebene gemessen (Abb. 18 C).

5.4. Schlachtung bzw. Euthanasie

Alle Ziegen wurden im Anschluss an die CT-Untersuchung euthanasiert (n = 15) oder geschlachtet (n = 15). Dabei wurden die zu euthanasierenden Ziegen noch während der Narkose mit 40 ml Kaliumchlorid (Kaliumchlorid 15%, Kantonsapotheke Zürich) euthanasiert, während die zu schlachtenden Ziegen 3 bis 9 Tage nach der CT-Untersuchung im Schlachtlokal des Tierspitals Zürich geschlachtet wurden. Die Organe der geschlachteten Ziegen wurden anschliessend makroskopisch untersucht. Die euthanasierten Ziegen dienten der anatomischen Schnittpräparation.

5.5. Vergleich von CT-Bild und anatomischem Präparat

Für die genaue Identifikation der anatomischen Strukturen auf den CT-Querschnittsbildern wurden anatomische Schnittbilder der euthanasierten Ziegen sowohl in der transversalen Ebene als auch in der sagittalen und dorsalen Ebene angefertigt. Diese dienten als anatomische Präparate für die genaue Identifikation der Strukturen und wurden den CT-Bildern auf der Höhe eines jeden Brustwirbels gegenübergestellt.

5.5.1. Vorbereitung der euthanasierten Ziegen für die anatomische Untersuchung

Die euthanasierten Ziegen wurden auf einen Tisch gelegt und analog zur Position auf dem CT-Tisch in Sternallage mit Schaumstoffkeilen und Klebeband fixiert. Danach wurden sie in einem Gefrierraum bei -18 °C über einen Zeitraum von mindestens drei Tagen tiefgefroren.

5.5.2. Herstellung der anatomischen Schnitte

Für den Vergleich von digitalem CT-Bild und anatomischem Schnittbild wurden die gefrorenen Ziegen mit einer Fleischbandsäge (Typ K-410, Paul Kolbe GmbH, Elchingen, Deutschland) entlang der transversalen Ebene in 1 bis 1.5 cm dicke Scheiben gesägt. Darüber hinaus wurde ein Tier in der Medianebene und einer sagittalen Ebene auf der Höhe der Vena cava caudalis gesägt. Ein weiteres Tier wurde in zwei dorsalen Ebenen, auf der Höhe des Manubrium sterni und auf der Höhe der Trachea, gesägt, um auch für diese CT-Ebenen ein anatomisches Schnittpräparat zu erhalten. Jeder der zirka 90 Schnitte pro Ziege wurde nacheinander auf eine blaue Hintergrundfolie gelegt und mit einer digitalen Kamera (Nikon D 300 oder Nikon Coolpix 5700, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) fotografiert. Dabei erfolgte die Nummerierung der Schnitte von kranial nach kaudal und es wurde stets nur die kaudale Seite der 1 bis 1.5 cm dicken Schnitte abgelichtet. Jedes Schnittpräparat wurde zusätzlich mit einem Lineal zum Grössenvergleich versehen.

5.5.3. Vergleich der CT-Bilder mit den anatomischen Schnitten

Die Bearbeitung und Beschriftung der anatomischen Strukturen sowie die direkte Gegenüberstellung von CT- und anatomischen Schnittbild erfolgte anschliessend im Programm Adobe Photoshop CS (Version 8.0, Adobe Systems GmbH, München, Deutschland). Die anatomischen Schnittbilder dienten dazu, die analogen Strukturen im CT-Bild eindeutig zu identifizieren. Die Beschriftung der anatomi-

schen Strukturen erfolgte anhand der Nomina Anatomica Veterinaria (World Association of Veterinary Anatomist, International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, 3rd edition, Ithaca, New York, 1983). In den Abbildungen wurde linksseitig das Weichteilfenster und rechtsseitig das Lungenfenster aus der CT-Thoraxstudie derselben Ziege dargestellt. Für die knöchernen Strukturen wurden Grossbuchstaben, für die Muskeln Kleinbuchstaben und für die Organe, Gefässe und Lymphknoten Zahlen verwendet, die für die gegebenen Strukturen in den verschiedenen Schnittbildern stets gleich blieben.

5.5.4. Spezielle CT-Befunde

In diesem Kapitel wurden spezielle CT-Befunde der 30 Ziegen dargestellt.

5.5.5. Fallvorstellungen

In diesem Kapitel wurden die CT-Befunde von zwei Ziegen, die am Tierspital Zürich als Patienten vorgestellt wurden, dargestellt.

5.6. Statistik

Alle Daten wurden zunächst in eine Exceltabelle (Version 4.0, Microsoft Office) übertragen. Die statistische Auswertung erfolgte anschliessend mit dem Programm StatView (Version 5.0.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Die Daten (kontinuierliche Variablen) wurden hinsichtlich ihrer Normalverteilung mit Histogrammen und Box Plots beurteilt. Korrelationen zwischen den kontinuierlichen Variablen wurden mit dem z-Test (Pearson's Korrelation) berechnet. Der gepaarte t-Test wurde zur vergleichenden Analyse der Mittelwerte der Messungen im linken und rechten Hemithorax verwendet. Um den Einfluss der Spontanatmung und des Respirators auf die Messungen am Herzen und den verschiedenen Gefässen zu untersuchen, wurde die Varianzanalyse verwendet (ANOVA). Die Signifikanzschwelle wurde bei $P = 0.05$ gesetzt.

5.7. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich

Am Zustandekommen der vorliegenden Arbeit waren ausser der Klinik für Wiederkäuer und der Abteilung für Bildgebende Diagnostik und Radio-Onkologie die folgenden Institutionen der Vetsuisse-Fakultät beteiligt:

- Veterinärmedizinische Labor (Prof. Dr. H. Lutz): Hämatologische, blutchemische, Harn- und Pansensaftuntersuchung
- Institut für Parasitologie (Prof. Dr. P. Deplazes): Parasitologische Kotuntersuchung
- Veterinär-Anatomisches Institut (Prof. Dr. A. Boos): Anatomische Schnittpräparation durch Prof. Dr. H. Augsburg
- Abteilung für Anästhesiologie (Prof. Dr. R. Betttschart): Anästhesie für die computertomographische Untersuchung
- Abteilung für Audiovisuelle Dienste (A. Hug): Digitale Fotografie der anatomischen Schnittpräparate

5.8. Tierversuchsbewilligung

Für die Versuche lag eine Tierversuchsbewilligung des Kantonalen Veterinäramts Zürich vor. Die Bewilligung trug die Nummer 145/2007 und war vom 25. Juli 2007 bis zum 24. August 2008 gültig.

6. Ergebnisse

6.1. Klinische Befunde

Die Befunde der klinischen Untersuchung, der Blut-, Harn-, Pansensaft- und Kotuntersuchung wurden zusammen mit den Doktorandinnen Katrin Steininger, Mona Irmer und Désirée Jacquat erhoben. Sie werden jedoch nur in der vorliegenden (ersten) Dissertation beschrieben. In den Dissertationen von Katrin Steininger, Mona Irmer und Desiree Jacquat werden sie nicht erneut dargestellt. Es wird lediglich auf die Beschreibung in der vorliegenden Arbeit verwiesen.

Am Tag der klinischen Untersuchung waren zwei Tiere nervös und ein Tier ängstlich; die anderen Tiere verhielten sich unauffällig. Die Fresslust war bei allen Tieren gut, der Nährzustand war bei 14 Tieren mässig.

Bei neun Ziegen wurden haarlose Stellen an Kopf, Hals oder Rücken, Schuppen, Scheuerstellen oder Haarlinge festgestellt. Der Hautturgor war bei drei Ziegen leichtgradig reduziert. Darüber hinaus zeigte eine Ziege einen blass-feuchten und eine weitere Ziege einen kühl-feuchten Nasenspiegel.

Die Beurteilung des lymphatischen Systems ergab bei sechs Ziegen eine leicht- oder hochgradige Vergrösserung des rechten oder linken Buglymphknotens, bei einer Ziege war der linke Mandibularlymphknoten leichtgradig vergrössert.

Die Herzfrequenz lag zwischen 66 und 132 Schlägen pro Minute (96.9 ± 13.95 Schläge pro Minute). Bei elf Ziegen bestand eine Arrhythmie und bei je einer Ziege war der Herzschlag pochend, dumpf bzw. schwach hörbar. Darüber hinaus konnte bei einer Ziege ein für eine Aorteninsuffizienz typisches Herzgeräusch (systolisches Geräusch auf der Höhe des linken Buggelenks in einer moderaten Lautstärke) wahrgenommen werden. Die rektale Körpertemperatur der Ziegen lag zwischen 38.0 und 40.0 °C (39.1 ± 0.44 °C). Die kapilläre Rückfüllungszeit war bei zwölf Ziegen grösser oder gleich zwei Sekunden, bei den übrigen Tieren lag sie unter zwei Sekunden. Die Skleralgefässe waren bei zehn Tieren fein gezeichnet, bei 20 Tieren waren sie leicht-, mittel- oder hochgradig injiziert. Bei der Beur-

teilung der Maulschleimhäute konnte bei einer Ziege eine deutlich blasse Farbe festgestellt werden. Die Jugularvenen waren bei allen Ziegen unauffällig.

Die Atemfrequenz lag zwischen 16 und 48 Atemzügen pro Minute (26.4 ± 8.30 Atemzüge pro Minute). Alle Ziegen wiesen einen kostoabdominalen Atemtyp auf. Die Auskultation der Lunge ergab bei einer Ziege ein inspiratorisches Atemgeräusch und bei 15 Ziegen ein leicht- oder mittelgradig verschärft vesikuläres Atemgeräusch. Nach der Atemhemmung hustete eine Ziege dreimal und zeigte leicht- bis mittelgradiges Giemen und Reibegeräusche. Diese Ziege hustete auch spontan und zeigte, wie auch eine weitere Ziege, Nasenausfluss.

Bei allen Ziegen war die Pansenmotorik mässig bis kräftig. Drei Ziegen wiesen eine, 13 Ziegen zwei, 12 Ziegen drei und 4 Ziegen vier Pansenkontraktionen in zwei Minuten auf. Die Intensität der Pansenmotorik war bei 23 Tieren gut, bei zwei Tieren mässig und bei fünf Tieren recht. Die Pansenfüllung war bei 26 Ziegen normal und bei sechs Ziegen leicht vermindert. Eine Ziege wies eine verminderte Pansenschichtung auf. Die Fremdkörperproben (Widerrist-, Stab- und Perkussionprobe) verliefen bei allen Tieren negativ, ebenso die Perkussionsauskultation auf beiden Seiten des Abdomens. Die Schwingauskultation war bei einer Ziege rechts leichtgradig positiv. Die Doppelauskultation war bei allen Tieren positiv. Die Bauchdecke war bei drei Ziegen gespannt.

6.1.1. Blutbefunde

Alle Ziegen reagierten bei der serologischen Untersuchung auf CAE negativ. Die Ergebnisse der hämatologischen und blutchemischen Untersuchung sowie der Blutgasanalyse sind in den Tabellen 3 bis 5 zusammengefasst. Zwei Ziegen wiesen mit Hämatokritwerten zwischen 14 und 20 % eine deutliche Anämie und 7 Ziegen mit Plasmaproteinkonzentrationen zwischen 86 und 100 g/l eine Hyperproteinämie auf. Der Serumharnstoff war bei 4 Ziegen leicht erhöht (7.8 bis 10.8 mmol/l). Zwei Ziegen zeigten eine erhöhte Aktivität der Gamma-GT, 2 Ziegen der ASAT, 1 Ziege der CK und 3 Ziegen der SDH. Das Natrium war bei 4 Ziegen (<

147 mmol/l), das Kalium bei 9 Ziegen (< 4.0 mmol/l) und das Chlorid bei 3 Ziegen (< 102 mmol/l) erniedrigt. Das Kalzium war bei insgesamt 18 Ziegen (< 2.2 mmol/l) und das Magnesium bei 14 Ziegen (< 0.9 mmol/l) erniedrigt.

Tab. 3: Hämatologische Befunde bei 30 gesunden Saanenziegen

	$\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)	Median- wert	Referenz- wert*	Anzahl Ziegen
Hämatokrit (%)	27.6 \pm 5.50 (14.0 – 38.0)	28.0	24 – 35	30
Hämoglobin (g/dl)	9.7 \pm 1.81 (5.0 – 12.4)	10.3	9 – 12.1	30
Erythrozyten ($10^6/l$)	13.8 \pm 3.2 (3.8 – 18.6)	14.2	13.5 – 18.4	30
MCH (pg)	7.2 \pm 1.35 (6.0 – 13.0)	7.0	6 – 7	30
MCHC (g/dl)	35.3 \pm 1.67 (31.0 – 39.0)	35.0	32 – 38	29
MCV (fl)	20.7 \pm 3.9 (16 – 37)	20.0	16 – 20	29
Leukozyten ($10^3/l$)	10.8 \pm 3.50 (5.8 – 18.1)	10.2	7.8 – 19.6	30
Plasmaprotein (g/l)	80.4 \pm 7.78 (65 – 100)	80.5	61 – 84	30
Fibrinogen (g/l)	3.0 \pm 1.39 (1.0 – 6.0)	2.0	1 – 6	30

* Referenzwerte der Tabellen 3 und 4 aus Tschuor et al. (2008)

Tab. 4: Blutchemische Befunde bei 30 gesunden Saanenziegen

	$\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)	Median- wert	Referenz- wert*	Anzahl Ziegen
Bilirubin ($\mu\text{mol/l}$)	1.8 \pm 0.81 (0.7 – 4.4)	1.7	0.4 – 2.2	30
Harnstoff (mmol/l)	5.3 \pm 2.13 (1.1 – 10.8)	4.9	2.8 – 7.2	30
GLDH (U/l)	31.0 \pm 80.47 (2.3 – 372.2)	7.3	3.1 – 19.8	21
ASAT (U/l)	88.2 \pm 37.80 (51.0 – 219.0)	77.0	66 – 135	30
GGT (U/l)	48.9 \pm 24.17 (29.0 – 164.0)	43.5	26 – 63	30
CK (U/l)	159.5 \pm 79.94 (61.0 – 468.0)	139.0	96 – 286	30
SDH (U/l)	57.3 \pm 94.26 (14.0 – 445.6)	29.4	20.4 – 68.7	21
Natrium (mmol/l)	150.1 \pm 2.49 (145.0 – 157.0)	150.0	147 – 157	30
Kalium (mmol/l)	4.2 \pm 0.51 (2.7 – 4.9)	4.2	4 – 5.8	30
Chlorid (mmol/l)	107.1 \pm 4.01 (94.0 – 116.0)	107.0	102 – 114	30
Kalzium (mmol/l)	2.2 \pm 0.21 (1.6 – 2.5)	2.2	2.2 – 2.7	30
Magnesium (mmol/l)	1.0 \pm 0.25 (0.63 – 2.1)	0.9	0.9 – 1.4	30
Anorg. Phosphat (mmol/l)	1.6 \pm 0.62 (0.4 – 3.7)	1.5	1.2 – 2.9	30

Tab. 5: Venöse Blutgasanalyse bei 29 Ziegen

	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert
pH Wert	7.4 \pm 0.30	7.3 – 7.4	7.4
pCO ₂ (mmHg)	42.5 \pm 3.43	37.6 – 50.5	41.9
pO ₂ (mmHg)	39.7 \pm 6.15	29.7 – 61.6	37.9
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	23.87 \pm 2.08	19.9 – 28.5	24.2
BE (mmol/L)	0.1 \pm 2.50	-5.0 – 5.2	0.7
O ₂ Sättigung (%)	66.5 \pm 8.27	50.8 – 89.9	65.6

6.1.2. Harnbefunde

Von 22 Ziegen konnte Spontanharn aufgefangen und untersucht werden. Bei allen Ziegen war der Harn gelb und klar. Der pH-Wert lag zwischen 6.5 und 8.0 (7.6 ± 0.47) und das spezifische Gewicht zwischen 1.003 und 1.060 g/dl (1.026 ± 0.01 g/dl). Die Untersuchung mit Hilfe des Harnteststreifens auf Leukozyten, Nitrit, Bilirubin und Ketonkörper war bei allen Ziegen negativ. Der Glukose- und Urobilinogengehalt lag bei allen Ziegen in der Norm. Zwei Ziegen mit einem pH-Wert von 8 wiesen eine leicht- bzw. mittelgradige Proteinurie und eine weitere Ziege eine leichtgradige Hämaturie und Hämoglobinurie auf.

6.1.3. Pansensaftbefunde

Bei 10 Ziegen wurde mit einer Schlundsonde Pansensaft gewonnen und untersucht. Der pH-Wert lag zwischen 7 und 8 (7.5 ± 0.44). Die Farbe des Pansensafts war grün, die Viskosität wässrig bis leicht viskös und der Geruch aromatisch. Der Chloridgehalt des Pansensafts lag zwischen 8 und 26 mmol/l (16.5 ± 6.12 mmol/l).

6.1.4. Kotbefunde

Der von allen 30 Ziegen gewonnene Kot war braun und bis auf eine Ausnahme (mässig zerkleinert) gut verdaut. Bei 29 Ziegen war der Kot gebällt und bei einer Ziege dickbreiig. Bei drei Ziegen enthielt er Beimengungen wie Blut, Maiskörner oder Schleim. Der Geruch des Kots war bei 28 Ziegen arttypisch und bei je einer Ziege säuerlich bzw. übelriechend. Die parasitologische Kotuntersuchung ergab bei allen Ziegen Mischinfektionen, wobei 28mal Eimerien, 27mal Magen-Darm-Strongyliden, 17mal Protostrongyliden, 3mal *Fasciola hepatica* und 3mal *Dicrocoelium dendriticum* nachgewiesen wurden.

6.1.5. Pathologisch-anatomische Befunde an Herz und Lunge

Bei 5 von 15 untersuchten Herzen wurde ein Foramen ovale persistens festgestellt, ohne dass klinisch irgendwelche Hinweise für diese Befunde bestanden. Die restlichen Herzen waren makroskopisch unauffällig. Bei der makroskopischen Untersuchung der Lungen fielen vor allem leichtgradige Veränderungen in den Spitzenlappen auf. Bei 6 Ziegen war das Lungenparenchym teilweise derb, davon waren bei einer Ziege die Spitzenlappen beider Lungen atelektatisch. Insgesamt konnten bei 9 Ziegen zwischen 1 und 6 Wurmknötchen pro Lunge festgestellt werden. Bei einer Ziege wurde ein Lungenabszess in der rechten Lunge in der Nähe des Herzens gefunden.

6.2. Computertomographische Befunde

6.2.1. Knochenfenster

Die Wirbelsäule mit den Quer- und Dornfortsätzen, die Rippen, das Sternum und die beiden Schulterblätter mit den proximalen Anteilen des Humerus (Abb. 19 A) wiesen im Knochenfenster bis auf geringgradige Spondylosen bei 7 Ziegen (Abb. 19 B) keine Veränderungen auf. Bei allen Ziegen waren zwischen den einzelnen Sternebrae des Sternums Synostosen zu sehen (Abb. 19 C).

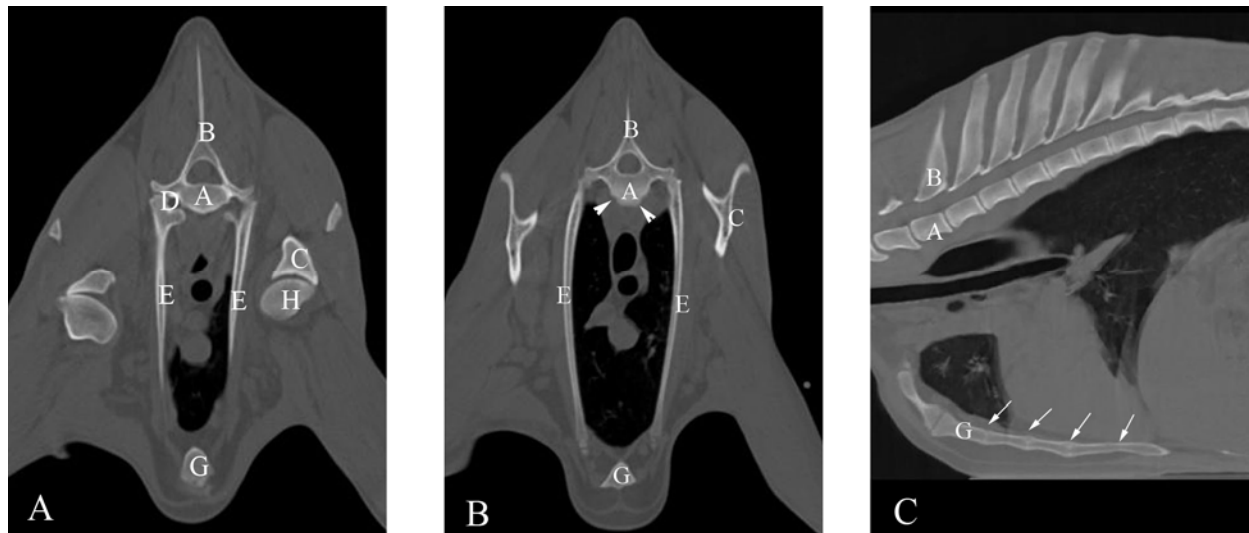


Abb. 19: Darstellung des Thorax einer 4-jährigen Saanenziege in der transversalen Ebene auf der Höhe des ersten (A) und zweiten Brustwirbels (B) und in der Medianebene (C). A Corpus vertebrae, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, G Sternum, H Humerus, Pfeilköpfe = Spondylosen, Pfeile = Synostosen

Messungen

Die Thoraxhöhe der 30 Ziegen, gemessen zwischen der Crista ventralis des ersten, zweiten, vierten, sechsten und achten Brustwirbels und dem Sternum, nahm vom ersten bis zum achten Brustwirbel von durchschnittlich 13.1 auf 23.1 cm zu (Tab. 6). Die Thoraxbreite lag auf der Höhe des achten Brustwirbels zwischen 15.1 und 21.6 cm (18.8 ± 1.42 cm).

Tab. 6: Thoraxhöhe bei 30 Ziegen an den verschiedenen Messpunkten (in cm)

Brustwirbel	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert
1	13.1 ± 0.99	11.2 – 15.4	13.3
2	15.6 ± 0.98	13.8 – 18.8	15.5
4	19.2 ± 0.95	18.0 – 22.8	19.2
6	21.4 ± 0.91	20.2 – 23.9	21.3
8	23.1 ± 0.92	21.7 – 25.2	23.1

Der Winkel der Trachea zur Wirbelsäule konnte bei 26 Tieren bestimmt werden und lag zwischen 10 und 25° ($16.5 \pm 4.23^\circ$). Die Länge des entsprechenden Brustwirbels auf Höhe der Tracheabifurkation betrug durchschnittlich 2.4 cm (2.4 ± 0.15 cm, 2.1 bis 2.8 cm). Das Verhältnis der Thoraxhöhe zur Tracheahöhe am Brusteingang lag im Durchschnitt bei 8.5 (± 2.1).

6.2.2. Weichteilfenster

Die CT-Untersuchung im Weichteilfenster ergab in Bezug auf die Lage und Ausdehnung der Organe sowie den Verlauf der Gefässe im Vergleich zu den anatomisch beschriebenen Befunden (Schummer und Habermehl, 1996; Waibl und Wilkens 1996a; Waibl und Wilkens 1996b) keine Abweichungen.

Herz und Gefässe

Die Beschreibung der Ausdehnung des Herzens und die Messungen am Herzen und den herznahen Gefässen beschränkten sich auf 26 Tiere, da im Rahmen der echokardiographischen Untersuchung (Berli et al., 2008) bei 4 Ziegen abnorme Befunde erhoben und diese deshalb für die Erhebung von Normalwerten ausgeschlossen wurden.

Topographie

In der transversalen Ebene konnte das Herz bei den meisten Ziegen zwischen dem dritten und siebten Brustwirbel dargestellt werden. Auf Höhe der Brustwirbel 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 konnte es bei 11, 26, 26, 26, 26, 21 und 4 Ziegen gesehen werden. In keiner der drei Ebenen war eine deutliche Abgrenzung zwischen rechtem und linkem Herzventrikel sichtbar.

In der transversalen Ebene konnten oberhalb bzw. im Bereich der Herzbasis die grossen Gefässstämme wie der Truncus brachiocephalicus (6), die Vena cava cranialis (7) und die Vena cava caudalis (8) im Querschnitt deutlich erkannt werden (Abb. 20 A). Dorsal der Herzbasis nahmen die Trachea (1) und der Oesophagus

(2) sowie unterhalb der knöchernen Brustwirbelsäule der M. longus colli (f) ihren Verlauf. Ventral wurde das Herz durch den M. transversus thoracis (m) und das Sternum begrenzt.

In der sagittalen Ansicht erschien das Herz in Sternallage in seiner Höhe nicht aufrecht, sondern stets um 30 bis 50° nach kranioventral gekippt (Abb. 20 B). Bei jeder Ziege war zu sehen, wie das Herz und das Reticulum, nur durch das Zwerchfell getrennt, über einen Bereich von 1 bis 3 cm unmittelbar benachbart waren. Die Herzmündung der Vena cava cranialis und der Vena cava caudalis und der Herzaustritt der Aorta konnten im Sagittalschnitt sehr gut dargestellt werden.

In der dorsalen Ebene waren die Mündungen der Vena cava caudalis (8) und der Vena cava cranialis (7) rechtsseitig des Herzens in den rechten Herzvorhof deutlich zu erkennen (Abb. 20 C). Auch die Gabelung der Vena cava cranialis in die Venae jugulares externae dextra et sinistra auf der Höhe des Brusteinganges war sehr gut darstellbar.

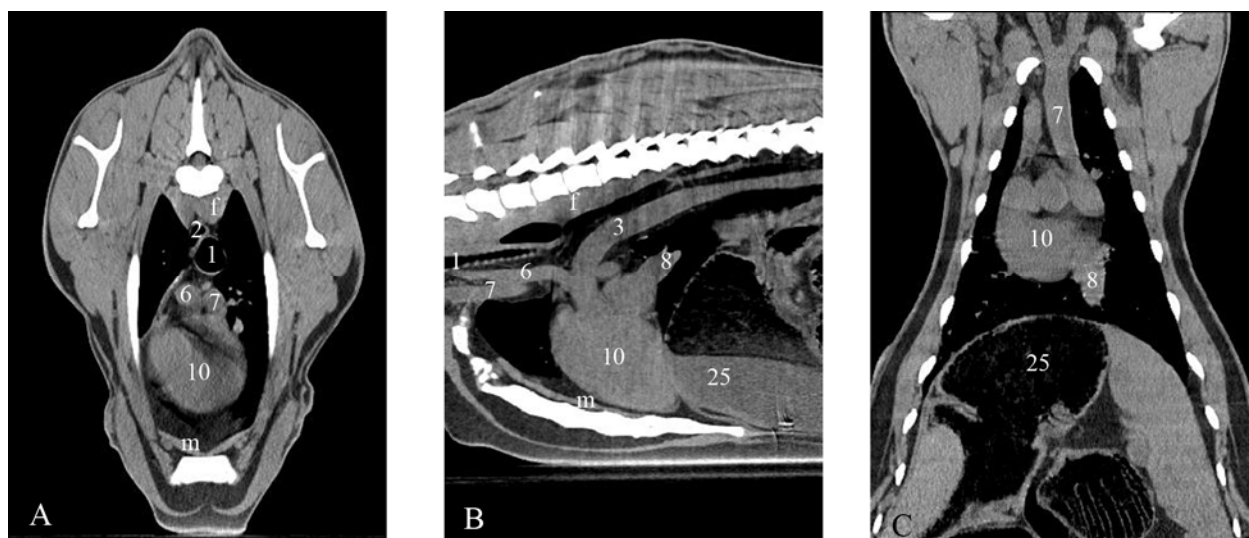


Abb. 20: CT-Befunde am Herz und an den Gefäßen bei einer 4-jährigen Saanenziege im Weichteilfenster. Von links nach rechts transversale Ebene (A) auf der Höhe des dritten Brustwirbels, sagittale Ebene 1 cm links der Medianen (B) und dorsale Ebene auf der Höhe der Herzbasis (C). 1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 Vena cava cranialis, 8 Vena cava caudalis, 10 Herz, 25 Reticulum, f M. longus colli, m M. transversus thoracis

Messungen am Herzen

Die Herzbreite lag zwischen 8.5 und 10 cm (9.4 ± 0.41 cm) und die Herzhöhe zwischen 10.1 und 15.3 cm (12.9 ± 1.25 cm, Tab. 7). Die Höhen- und Breitenachse wurden dabei annähernd senkrecht zueinander gelegt. Die vertebrale Herzgrösse (VHS) lag bei $8 (\pm 0.38)$ Brustwirbelkörperlängen.

Tab. 7: Herzbreite, Herzhöhe und vertebrale Herzgrösse bei 26 Ziegen

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert
Herzbreite (cm)	9.4 ± 0.41	8.5 – 10.0	9.3
Herzhöhe (cm)	12.9 ± 1.25	10.1 – 15.3	12.9
VHS	8.0 ± 0.38	7.0 – 9.0	8.0

VHS = Vertebral heart size, Vertebrale Herzgrösse

Verlauf der grossen Gefässe

Die transversale Ebene (Abb. 21) war für die Darstellung der Gefässe weniger geeignet als die sagittale Ebene (Abb. 22), in welcher der Verlauf der Aorta und des Truncus brachiocephalicus am besten linkssagittal (Abb. 22 A), derjenige der Vena cava cranialis am besten in der Medianen (Abb. 22 B) und derjenige der Vena cava caudalis am besten rechtssagittal (Abb. 22 C) dargestellt werden konnten. Die Aorta entliess unmittelbar nach deren Ursprung aus dem linken Ventrikel den Truncus brachiocephalicus nach kranial. Dann stieg sie nach dorsal auf, knickte nach kaudal um und verlief in enger Anlehnung und parallel zur Brustwirbelsäule in Richtung Zwerchfell. Dort trat sie am Hiatus aorticus in die Bauchhöhle über. Die Vena cava cranialis verlief in der sagittalen Ebene vom Brusteingang unterhalb des Truncus brachiocephalicus parallel zur Brustwirbelsäule und mündete kraniodorsal in den rechten Herzvorhof. Dorsal wurde sie in ihrem Verlauf von der Trachea begleitet. Die Vena cava caudalis gelangte von kaudal über die Leber zum Centrum tendineum des Zwerchfells und trat hier in die Brusthöhle über, um dann in der rechten Thoraxhälfte bis zum rechten Herzvorhof zu verlaufen.

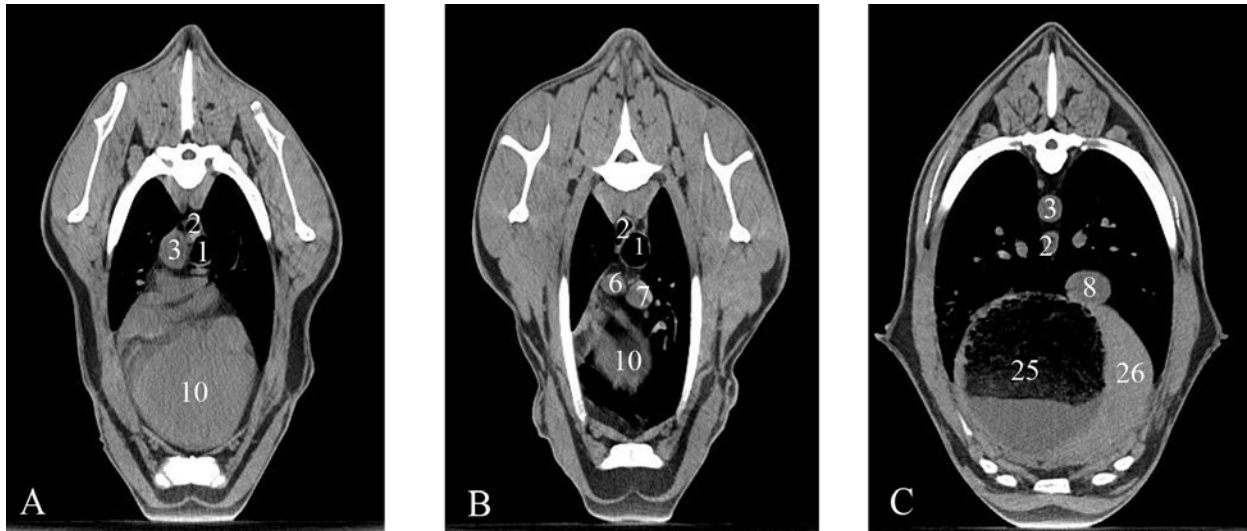


Abb. 21: Darstellung der Aorta thoracica auf Höhe des 4. Brustwirbels (A), der Vena cava cranialis auf Höhe des 2. Brustwirbels (B) und der Vena cava caudalis auf Höhe des 5. Brustwirbels (C) im Weichteilfenster einer 4-jährigen Saanenziege in der transversalen Ebene. 1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 Vena cava cranialis, 8 Vena cava caudalis, 10 Herz, 25 Haube, 26 Leber

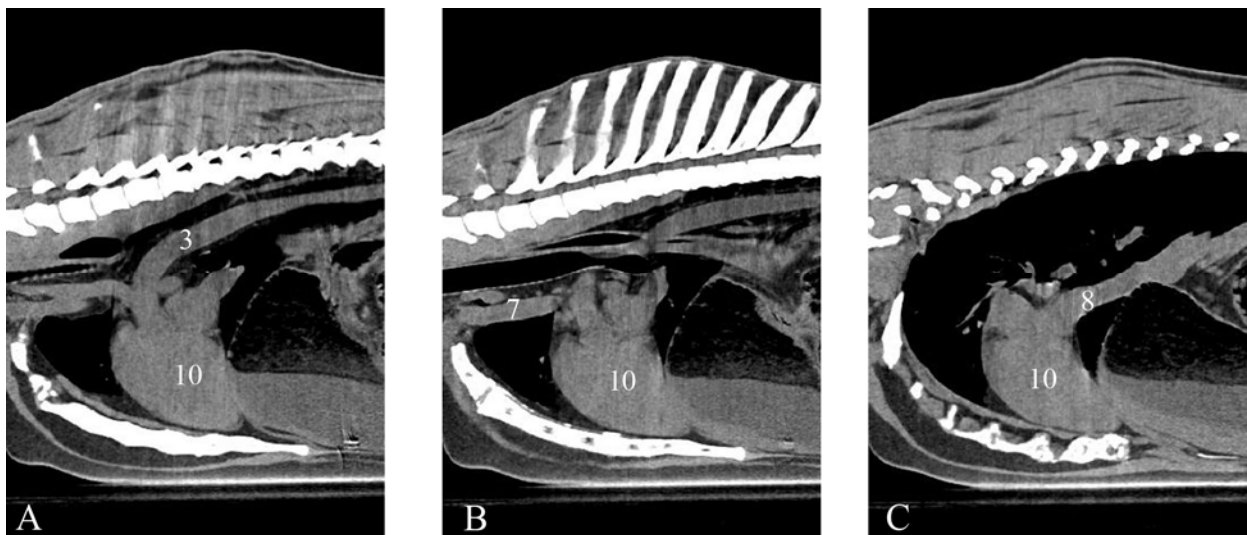


Abb. 22: Darstellung der Aorta thoracica 1 cm links der Medianen (A), der Vena cava cranialis in der Medianen (B) und der Vena cava caudalis 1.5 cm rechts der Medianen (C) im Weichteilfenster einer 4-jährigen Saanenziege in der sagittalen Rekonstruktion. 3 Aorta thoracica, 7 Vena cava cranialis, 8 Vena cava caudalis, 10 Herz

Messungen an den Gefässen

Der Durchmesser der Aorta betrug oberhalb des Aortenbogens zwischen 1.5 und 2.3 cm (1.9 ± 0.20 cm, Tab. 8). Die Vena cava caudalis wies auf der halben Verlaufstrecke zwischen Herz und Zwerchfell einen Durchmesser zwischen 1.3 und 2.7 cm (1.9 ± 0.37 cm) auf. Dabei lag das Verhältnis der beiden Durchmesser zwischen 0.7 und 1.4 (1.0 ± 0.19). Der Quotient aus dem maximalen Durchmesser der Vena cava caudalis und der Länge des Brustwirbelkörpers auf Höhe der Tracheabifurkation variierte zwischen 0.5 und 1.0 (0.8 ± 0.16). Der maximale Durchmesser der Vena cava cranialis lag zwischen 1.3 und 2.2 cm (1.7 ± 0.22 cm).

Tab. 8: Durchmesser von Aorta, Vena cava cranialis und Vena cava caudalis bei 26 Ziegen

Durchmesser (cm)	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite	Medianwert
Aorta	1.9 ± 0.20	1.5 – 2.3	1.9
V. cava cranialis	1.7 ± 0.22	1.3 – 2.2	1.6
V. cava caudalis	1.9 ± 0.37	1.3 – 2.7	2.0

Thymus und Lymphknoten

Thymusgewebe konnte bei 12 von 30 Ziegen unmittelbar vor dem Herzen dorsal im kranialen Mediastinum gesehen werden. Es stellte sich in der sagittalen Ebene als dreieckige bis trapezoide Struktur unterhalb des Truncus brachiocephalicus und linksseitig der Vena cava cranialis dar (Abb. 23 A).

Der grosse Lymphonodus mediastinalis caudalis (38) war zwischen der Aorta (3) und dem Oesophagus (2) als längliche Struktur mit einer durchschnittlichen Länge von 9.5 cm (± 2.6 cm) und Höhe von 1.1 cm (± 0.42 cm) sichtbar (Abb. 23 B). Die kleineren Lymphknoten (Lnn. thoracici aortici, Lnn. intercostales, Lnn. sternales craniales, der kleine Ln. mediastinalis caudalis (unmittelbar kranial des grossen liegend), die Lnn. mediastinales craniales und medii sowie der Ln. bifurcationis sinister) konnten nicht eindeutig identifiziert werden.

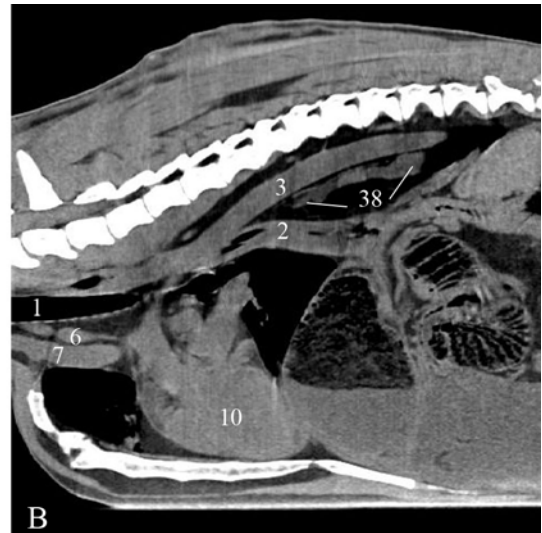
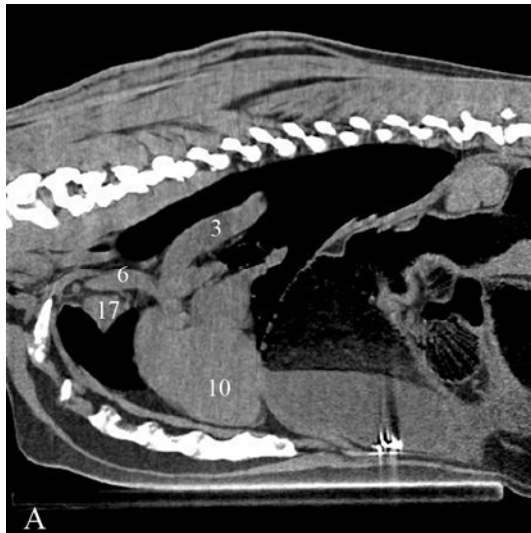


Abb. 23: Darstellung des Brustteils des Thymus (A) und des Ln. mediastinalis caudalis (B) im Weichteilfenster in der sagittalen Ebene einer 4- und einer 5-jährigen Saanenziege. 1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 Vena cava cranialis, 10 Herz, 17 Pars thoracalis thymi, 38 Ln. mediastinalis caudalis

6.2.3. Lungenfenster

Lungenparenchym und Lungenlappen

Die Gliederung der Ziegenlunge in die Spitzen- und Zwerchfelllappen der linken und rechten Lunge konnte in allen drei Ebenen nachvollzogen werden. Auch der Lobus accessorius, der kaudal des Herzens zwischen dem rechten und linken Zwerchfelllappen lag, konnte identifiziert werden. Die genaue Abgrenzung des Lobus medius der rechten Lunge war jedoch nicht möglich. In der transversalen Ebene stellte sich die Trachea (1) überwiegend rundlich dar (Abb. 24 A). Die dorsale Ebene ermöglichte es, die Gabelung der Trachea in die Stammbronchien zu verfolgen und den Winkel zwischen den beiden Stammbronchien zu vermessen (Abb. 24 B). In der sagittalen Ebene konnten die Lappenbronchien (18) im Längsschnitt mit den abgehenden Segmentbronchien verfolgt werden (Abb. 24 C).

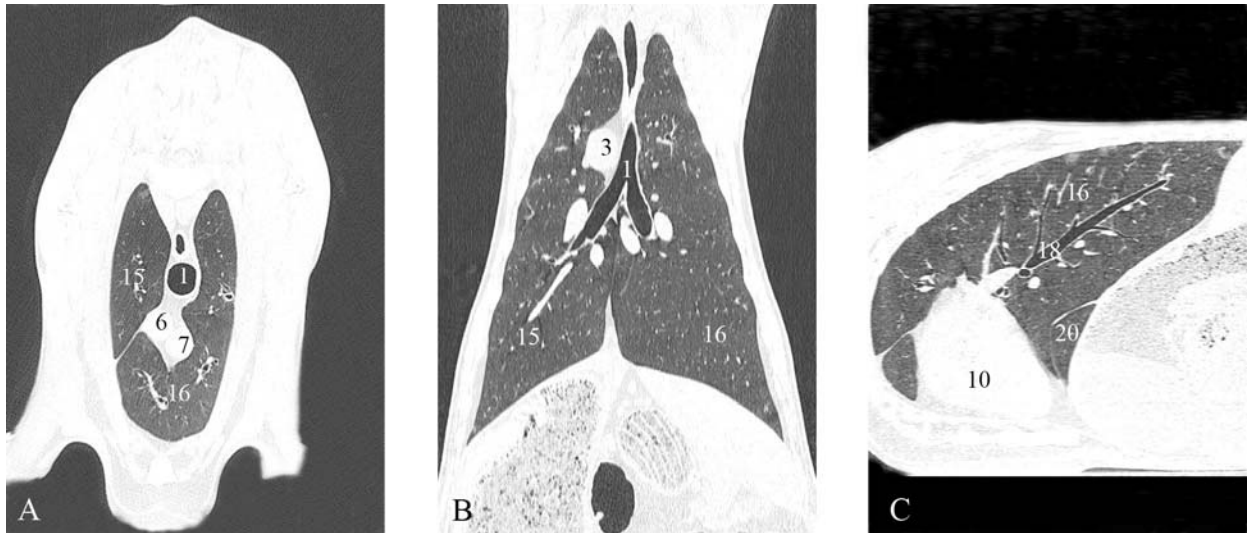


Abb. 24: Darstellung der Lunge einer 4-jährigen Saanenziege in der transversalen Ebene auf der Höhe des zweiten Brustwirbels (A), in der dorsalen Ebene auf der Höhe der Trachea (B) und in einer sagittalen Ebene rechts der Medianen auf der Höhe des rechten Zwerchfelllappenbronchus (C). 1 Trachea, 3 Aorta, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 Vena cava cranialis, 10 Herz, 15 Lobus pulmonis sinister, 16 Lobus pulmonis dexter, 18 Bronchus lobaris, 20 Lobus accessorius

Im Weiteren konnten in der transversalen Ebene die Bronchien und Gefäße im Querschnitt beurteilt werden. Weit kranial der Tracheabifurkation in der Nähe des Herzens auf der Höhe des zweiten oder dritten Brustwirbels gab die Trachea zunächst den für Wiederkäuer spezifischen Bronchus trachealis (1a) zur Versorgung des rechten Spitzenlappens ab (Abb. 25 A). Die Tracheabifurkation (1b) lag bei allen Ziegen auf Höhe des vierten oder fünften Brustwirbels (Abb. 25 B). Auf der Höhe der Tracheabifurkation zweigte sich der Truncus pulmonalis in die Arteriae pulmonales sinistra et dextra (4a und 4b) auf. Weiter kaudal konnte der broncho-vaskuläre Versorgungstyp der Ziege (Roos et al., 1999) auch noch in den Zwerchfelllappen durch die enge Anlehnung der Arterien- und Venenäste an die Lappenbronchien (18) nachvollzogen werden (Abb. 25 C). Die Vena cava caudalis (8) konnte bei allen Ziegen eingebettet in den Lobus accessorius (20), verfolgt werden.

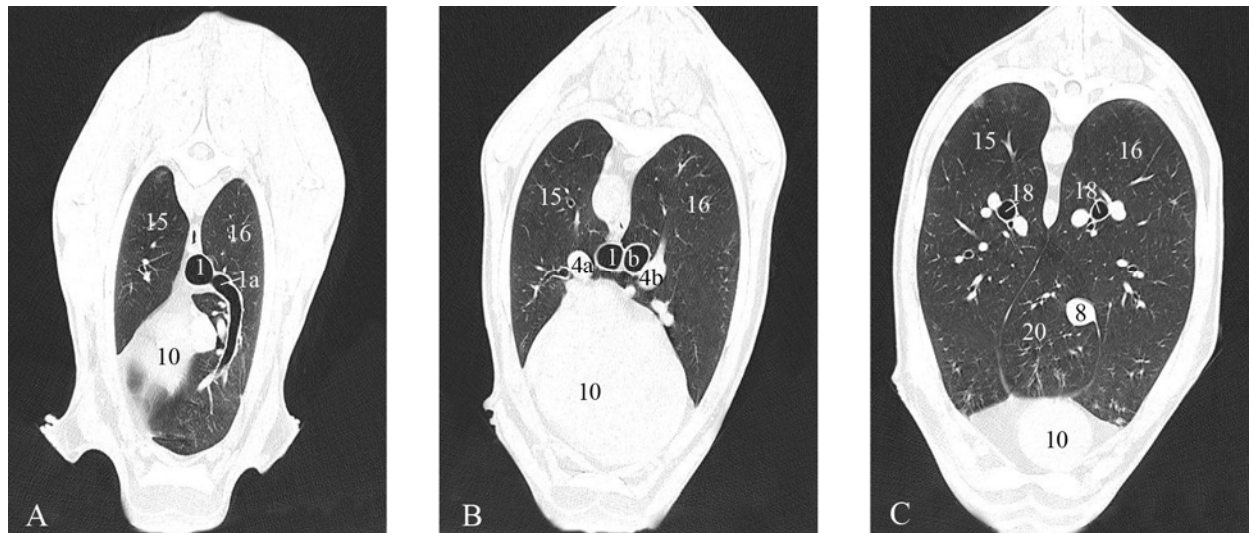


Abb. 25: Darstellung der Trachea und des Bronchus trachealis auf der Höhe des 3. Brustwirbels (A), der Tracheabifurkation auf der Höhe des 4. Brustwirbels (B) und der Lappenbronchien auf der Höhe des 6. Brustwirbels (C) im Lungenfenster einer 4-jährigen Saanenziege in der transversalen Ebene. 1 Trachea, 1a Bronchus trachealis, 1b Bifurcatio tracheae, 4a, b Aa. pulmonales sinistra et dextra, 8 Vena cauda caudalis, 10 Herz, 15 Lobus pulmonis sinister, 16 Lobus pulmonis dexter, 18 Bronchi lobares, 20 Lobus accessorius

Messungen

Die Messungen der Strukturen im Lungenfenster beschränkten sich auf 26 Tiere, da im Rahmen der echokardiographischen Untersuchung (Berli et al., 2009) bei 4 Ziegen abnorme Befunde erhoben und diese deshalb für die Erhebung von Normalwerten ausgeschlossen wurden.

Messungen an Trachea und Bronchien

Das Lumen der Trachea wies am Brusteingang eine Ausdehnung (Höhe x Breite) von durchschnittlich 1.6 ± 0.37 cm mal 1.5 ± 0.33 cm auf (Tab. 9). Die Querschnittfläche des Tracheallumens unmittelbar vor der Tracheabifurkation lag zwischen 0.9 und 3.5 cm² (2.1 ± 0.86 cm²). Die beiden Stammbronchien wiesen links

einen grössten Lumendurchmesser von 1.5 ± 0.32 cm und rechts einen solchen von 1.4 ± 0.29 cm auf. Der jeweilige Lumendurchmesser senkrecht zu diesem betrug im Durchschnitt am linken Stammbronchus 1.2 ± 0.27 cm und am rechten Stammbronchus 1.2 ± 0.28 cm. Das Verhältnis der beiden Durchmesser an einem Stammbronchus lag im linken Stammbronchus zwischen 0.9 und 2.1 (1.3 ± 0.25) und im rechten Stammbronchus zwischen 1.0 und 1.4 (1.1 ± 0.13).

Der linke und rechte Stammbronchus wiesen unmittelbar nach der Bifurkation der Trachea eine Gesamtfläche von 2.8 ± 0.92 cm² bzw. 2.7 ± 0.96 cm² auf. Die Lumenfläche des linken Stammbronchus betrug 1.4 ± 0.59 cm² und diejenige des rechten 1.5 ± 0.65 cm². Für die aus beiden Parametern errechnete Wandfläche ergaben sich Mittelwerte von 1.4 ± 0.48 cm² für den linken Stammbronchus und 1.3 ± 0.42 cm² für den rechten Stammbronchus (Tab. 10).

Tab. 9: Tracheahöhe, -breite und -fläche von 26 Saanenziegen

Parameter	$\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite
Tracheahöhe (cm)	1.6 ± 0.37	1.1 – 2.3
Tracheabreite (cm)	1.5 ± 0.33	1.0 – 2.1
Tracheafläche (cm ²)	2.1 ± 0.87	0.9 – 3.5

Tab. 10: Gesamt-, Lumen- und Wandfläche der Stammbronchien von 26 Ziegen

Parameter	Linker Stammbronchus $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)	Rechter Stammbronchus $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)
Gesamtfläche (cm ²)	2.8 ± 0.92 (1.4 – 5.4)	2.7 ± 0.96 (1.4 – 5.2)
Lumenfläche (cm ²)	1.4 ± 0.59 (0.6 – 2.5)	1.5 ± 0.65 (0.6 – 2.6)
Wandfläche (cm ²)	1.4 ± 0.48 (0.7 – 2.9)	1.3 ± 0.42 (0.6 – 2.6)

Der in der dorsalen Ebene gemessene interbronchiale Winkel lag zwischen 45 und 81° ($66.2 \pm 10.45^\circ$). Die Lumenfläche des Bronchus lobaris betrug im rechten Zwerchfelllappen durchschnittlich $0.7 \pm 0.40 \text{ cm}^2$ und im linken Zwerchfelllappen durchschnittlich $0.6 \pm 0.38 \text{ cm}^2$ (Tab. 11).

Tab. 11: Messungen an den Lappenbronchien im linken und rechten Zwerchfelllappen der Lunge von 26 Ziegen

Querschnittfläche	Linker Zwerchfelllappen $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)	Rechter Zwerchfelllappen $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)
Bronchuslumen (cm^2)	0.6 ± 0.38 (0.1 – 1.6)	0.7 ± 0.40 (0.2 – 1.6)

Vergleich zwischen den Messungen an der Trachea und den Bronchien

Die Messungen an der Trachea korrelierten signifikant mit den Messungen an den Stammbronchien und Lappenbronchien (Tab. 12-14). Vereinzelt korrelierten auch die Messungen am Herz und an den verschiedenen Gefässen signifikant (Tab. 15).

Tab. 12: Korrelationskoeffizienten r zwischen den Messungen am linken Stammbronchus und der Trachea

Linker Stammbronchus	Tracheahöhe	Tracheabreite	Tracheafläche
Gesamtfläche	0.70**	0.76**	0.80**
Lumenfläche	0.80**	0.84**	0.90**
Wandfläche	-	0.42*	0.42*
Lumendurchmesser 1	0.67**	0.73**	0.80**
Lumendurchmesser 2	0.77**	0.81**	0.86**

Z-Test (Pearson's Korrelation), * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Durchmesser 1 = Grösster Lumendurchmesser

Durchmesser 2 = Weiterer Lumendurchmesser senkrecht zum Durchmesser 1

Tab. 13: Korrelationskoeffizienten r zwischen den Messungen am rechten Stammbronchus und der Trachea

Rechter Stammbronchus	Tracheahöhe	Tracheabreite	Tracheafläche
Gesamtfläche	0.65**	0.74**	0.74**
Lumenfläche	0.77**	0.82**	0.84**
Wandfläche	-	-	0.39*
Lumendurchmesser 1	0.78**	0.81**	0.81**
Lumendurchmesser 2	0.75**	0.80**	0.78**

Z-Test (Pearson`s Korrelation), *P < 0.05, ** P < 0.01

Tab. 14: Korrelationskoeffizienten r zwischen den Messungen an den Zwerchfell-lappenbronchien und der Trachea

Zwerchfelllappenbronchus	Tracheahöhe	Tracheabreite	Tracheafläche
Bronchuslumen linker Lappen	0.65**	0.74**	0.77**
Bronchuslumen rechter Lappen	0.62**	0.70**	0.71**

Z-Test (Pearson`s Korrelation), *P < 0.05, ** P < 0.01

Tab. 15: Korrelationskoeffizienten r zwischen den Messungen am Herzen und an den Gefäßen

Parameter	Durchmesser		
	V. cava cranialis	V. cava caudalis	Aorta
Herzhöhe	0.51**	-	-
Herzbreite	0.40*	-	0.52**
Aortendurchmesser	0.53**	0.42*	-

Z-Test (Pearson`s Korrelation), *P < 0.05, ** P < 0.01

Bronchialgefäße

Die Rami lobi caudales der Arteria pulmonalis dextra und sinistra verliefen auf Höhe des sechsten Brustwirbels unmittelbar lateral und die der Vv. pulmonales unmittelbar medial des entsprechenden Lappenbronchus im rechten und linken Zwerchfelllappen. Die Querschnittsfläche des Ramus lobi caudalis der Arteria pulmonalis dextra variierte im rechten Zwerchfelllappen zwischen 0.6 und 1.2 cm² (0.9 ± 0.22 cm²) und die des Ramus lobi caudalis der Arteria pulmonalis sinistra im linken Zwerchfelllappen zwischen 0.6 und 1.6 cm² (1.0 ± 0.27 cm²). Für die Venae pulmonales lobi caudalis sinistri und dextri lagen die Messwerte zwischen 0.4 und 2.5 cm² (1.5 ± 0.49 cm²) links und 0.4 und 2.7 cm² (1.6 ± 0.55 cm²) rechts (Tab. 16).

Tab. 16: Messungen der Querschnittsfläche der Arterien- und Venenäste in unmittelbarer Anlehnung an den entsprechenden Lappenbronchus bei 26 Ziegen

Querschnittsfläche (cm ²)	Linker Zwerchfelllappen $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)	Rechter Zwerchfelllappen $\bar{x} \pm s$ (Schwankungsbreite)
Ramus lobi caudalis der Art. pulmonales	1.0 ± 0.27 (0.6 – 1.6)	(0.9 ± 0.22) (0.6 – 1.2)
Ramus lobi caudalis der Vv. pulmonales	1.6 ± 0.55 (0.4 – 2.7)	(1.5 ± 0.49) (0.4 – 2.5)

Lungendichte

Die Lungendichte lag im linken Lungenlappen zwischen -850.8 und -598.7 HE (-726.8 ± 63.59 HE) und im rechten Lungenlappen zwischen -831.8 und -590.7 HE (-712.1 ± 74.25 HE) (Tab. 17). Bei einer Ziege mit einem Lungenwurmbrotknoten war die Lungendichte im veränderten Bereich erhöht und betrug -315.8 HE.

Tab. 17: Lungendichte in Hounsfield-Einheiten bei 26 Ziegen

Messort	Lungendichte (HE) $\bar{x} \pm s$	Schwankungsbreite
Rechter Lungenlappen	-712.1 ± 74.25	-831.8 – -590.7
Linker Lungenlappen	-726.8 ± 63.59	-850.8 – -598.7

Vergleich der Messungen zwischen linker und rechter Lunge

Die folgenden Parameter unterschieden sich zwischen der linken und rechten Lunge signifikant: Lungendichte, Stammbronchienwandfläche und -durchmesser (Tab.18).

Tab. 18: Signifikante Unterschiede zwischen der linken und rechten Lunge bei 26 Ziegen

Parameter	Linke Lunge $\bar{x} \pm s$	Rechte Lunge $\bar{x} \pm s$	Differenz
Lungendichte (HE)	-726.8 ± 63.59	-712.1 ± 74.25	*
Stammbronchienwandfläche	1.4 ± 0.48	1.3 ± 0.42	*
Stammbronchiendurchmesser 1	1.5 ± 0.32	1.4 ± 0.29	**
Stammbronchiendurchmesser 2	1.2 ± 0.27	1.2 ± 0.28	*

Gepaarter t-Test; *P < 0.05, ** P < 0.01

Durchmesser 1 = Grösster Lumendurchmesser

Durchmesser 2 = Weiterer Lumendurchmesser senkrecht zum Durchmesser 1

Vergleich der Messungen an Trachea, Herz, Bronchien und Gefässen bei spontan atmenden und künstlich beatmeten Ziegen

Beim Vergleich der Messwerte von spontan atmenden (n = 20) und künstlich beatmeten Ziegen (n = 6) zeigte es sich, dass Höhe, Breite und Lumenfläche der Trachea von beatmeten Ziegen signifikant grösser als die von spontan atmenden

Ziegen waren (Tab. 19). Das Gleiche gilt für die entsprechenden Parameter der Stammbronchien (Tab. 20).

Tab. 19: Vergleich der Messungen an der Trachea bei spontan atmenden (n = 20) und künstlich beatmeten (n = 6) Ziegen

Parameter	Spontan atmend $\bar{x} \pm s$	Beatmet $\bar{x} \pm s$	Differenz
Höhe (cm)	1.5 ± 0.34	2.0 ± 0.23	**
Breite (cm)	1.4 ± 0.30	1.8 ± 0.19	**
Lumen (cm ²)	1.8 ± 0.75	3.0 ± 0.57	**

*P < 0.05, ** P < 0.01

Tab. 20: Vergleich der Messungen an den Stammbronchien bei spontan atmenden (n = 20) und künstlich beatmeten (n = 6) Ziegen

Messort	Parameter	Spontan atmend $\bar{x} \pm s$	Beatmet $\bar{x} \pm s$	Differenz
Rechter	Gesamtfläche (cm ²)	2.5 ± 0.80	3.5 ± 1.12	*
Stammbronchus	Lumenfläche (cm ²)	1.3 ± 0.52	2.1 ± 0.63	**
	Durchmesser (cm)	1.3 ± 0.28	1.6 ± 0.18	*
Linker	Gesamtfläche (cm ²)	2.6 ± 0.75	3.7 ± 1.02	**
Stammbronchus	Lumenfläche (cm ²)	1.2 ± 0.52	2.0 ± 0.41	**
	Durchmesser (cm)	1.4 ± 0.30	1.8 ± 0.24	**

*P < 0.05, ** P < 0.01

Pathologische CT-Befunde an der Lunge

Bei einer Ziege war auf Höhe der Hauptbronchien im rechten Lungenlappen eine Masse in unmittelbarer Umgebung des Herzens sichtbar (Abb. 27 A), bei welcher es sich, wie die pathologisch-anatomische Untersuchung später zeigte, um einen

Abszess handelte. Bei 29 von 30 Ziegen wurde eine gering- bis mittelgradig erhöhte Lungendichte in Form einer milchglasartigen Verschattung (Abb. 27 B) gesehen. Bei 17 Ziegen wurden einzelne Noduli gefunden. Bei der Beurteilung der Bronchien fielen bei einer Ziege eine geringgradige und bei drei Ziegen eine leichtgradige Bronchiektasie auf. Die linearen und retikulären Verschattungen, die durch eine Verdickung des retikulären Netzwerkes hervorgerufen werden und einer Flüssigkeitseinlagerung, einer zellulären Infiltration oder einer Bindegewebsvermehrung entsprechen, wurden tabellarisch zusammengefasst (Tab. 21).

Tab. 21: Pathologische CT-Befunde innerhalb des Lungenparenchyms bei 30 Ziegen

Abnorme Befunde	Geringgradig	Leichtgradig	Mittelgradig
Verdickung der Interlobularsepten	7	0	3
Verdickung der Intralobularsepten	9	8	5
Irreguläre lineare Verdichtungen	3	2	0
Parenchymbänder mit Pleurakontakt	10	6	0
Honigwabenartige Lungenbezirke	8	6	1
Pleuraparallele Linien	5	0	0
Peribronchale Verdickungen	5	10	0

Die Pleura visceralis war bei vier Ziegen geringgradig, bei fünf Ziegen leichtgradig (dabei einmal knotig) und bei einer Ziege mittelgradig verdickt. Bei 13 Tieren war eine geringgradige Atelektase zu sehen. Bei drei von diesen Ziegen war die Atelektase trotz künstlicher Beatmung aufgetreten. Insgesamt bestand jedoch der Eindruck, dass die Lungen, insbesondere die Spitzenlappen, der meist spontan atmenden Tiere während der Narkose gut belüftet waren. Bei zwei Ziegen konnte ein geringgradiges Emphysem beobachtet werden. Lungenkonsolidierungen waren stets im ventralen Bereich, bei 5 Ziegen in den Spitzenlappen und bei 2 Ziegen im Lobus accessorius oder den kaudalen Lungenlappen zu sehen. Aufgrund der CT-

Befunde wurden bei 11 Ziegen eine leichtgradige und bei einer Ziege eine mittelgradige interstitielle Pneumonie diagnostiziert. Bei weiteren 11 Ziegen wurden eine leichtgradige und bei sieben Ziegen eine mittelgradige Bronchopneumonie diagnostiziert (Abb. 27 C). Bei sieben Ziegen war zusätzlich eine leichtgradige Pleuritis vorhanden.

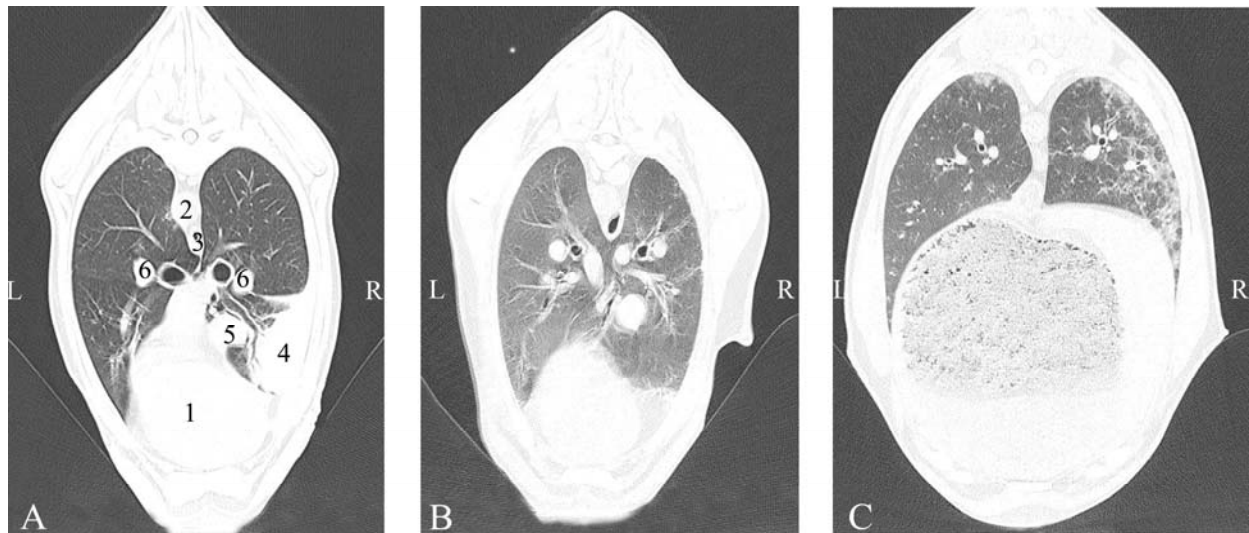


Abb. 27: Darstellung eines Lungenabszesses (A) im rechten Lungenlappen einer 4-jährigen Saanenziege auf der Höhe der Stammbronchien, einer milchglasartigen Verschattung (B) des Lungenparenchyms einer 3-jährigen Saanenziege und einer mittelgradigen Bronchopneumonie (C) einer 4-jährigen Saanenziege im Lungenfenster in der transversalen Ebene. 1 Herz, 2 Aorta, 3 Oesophagus, 4 Abszess, 5 Vena cava caudalis, 6 Aa. pulmonales dextra et sinistra

6.4. Vergleich der CT-Aufnahmen mit den anatomischen Schnitten

Bei der vergleichenden Gegenüberstellung der CT-Bilder mit den korrespondierenden anatomischen Schnittbildern in der transversalen Ebene ist der Anatomieschnitt in der Mitte dargestellt, linksseitig befindet sich das Weichteilfenster und rechtsseitig das Lungenfenster aus der CT-Thoraxstudie derselben Ziege. CT-Bilder im Knochenfenster sind hier nicht dargestellt. Auf der gleichen Seite ist je-

weils in einer kleineren Abbildung die entsprechende Schnittebene in der sagittalen Darstellung zu sehen. Die Seiten sind mit den Buchstaben R = Rechts und L = Links bezeichnet.

6.4.1. Legende zu den Abbildungen

Knöchernen Strukturen (Grossbuchstaben):

- A Vertebra thoracica – Brustwirbel
- B Processus spinosus vertebrae thoracicae – Dornfortsatz des Brustwirbels
- C Scapula – Schulterblatt
- D Caput costae – Rippenkopf
- E Costa – Rippe
- F Cartilago costalis – Rippenknorpel
- G Sternum – Brustbein
- H Humerus – Oberarmbein
- I Manubrium sterni – Brustbeinspitze
- J Processus xiphoideus bzw. Cartilago xiphoidea – Schaufelknorpel

Muskeln (Kleinbuchstaben):

- a Caput longum des M. triceps brachii – langer Kopf des dreiköpfigen Oberarmmuskels
- b M. supraspinatus – Oberer Grätenmuskel
- c M. infraspinatus – Unterer Grätenmuskel
- d M. rhomboideus thoracis – Brustkorbteil des Rautenmuskels
- e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis – Dornfortsatzmuskel
- f M. longus colli – Halsbeuger
- g M. longissimus thoracis – Brustkorbportion des langen Rücken-, Hals- und Kopfmuskels
- h M. serratus ventralis thoracis – Brustkorbportion des ventralen gezahnten Muskels
- i M. subscapularis – Unterschultermuskel
- j Mm. intercostales – Zwischenrippenmuskeln
- k M. intercartilaginei – Zwischenknorpelmuskeln
- l M. rectus thoracis – Gerader Brustkorbmuskel
- m M. transversus thoracis – Brustbeinmuskel
- n Mm. pectorales superficiales – Oberflächliche Brustmuskeln
- o M. pectoralis profundus – Tiefer Brustmuskel
- p M. rectus abdominis – Gerader Bauchmuskel
- q M. iliocostalis – Gemeinschaftlicher Rippenmuskel
- r Lig. nuchae – Nackenband
- s Crura diaphragmatis – Zwerchfellpfeiler

Organe, Gefäße und Lymphknoten (Zahlen):

- 1 Trachea – Luftröhre / Bifurcatio tracheae - Luftröhrengabelung
- 2 Oesophagus – Speiseröhre
- 3 Aorta – Grosse Körperschlagader
- 4 Truncus pulmonalis – Stamm der Lungenarterien
- 5 V. pulmonalis dextra et sinistra – Rechte und linke Lungenvene
- 6 Truncus brachiocephalicus – Stamm der Arm-Kopfarterien
- 7 V. cava cranialis – Vordere Hohlvene
- 8 V. cava caudalis – Hintere Hohlvene
- 9 Ostium v. cavae cranialis – Mündung der kranialen Hohlvene
- 10 Ventriculus cordis sinister – Linke Herzkammer
- 11 Ventriculus cordis dexter – Rechte Herzkammer
- 12 Atrium cordis dextrum – Rechter Herzvorhof
- 13 Atrium cordis sinistrum – Linker Herzvorhof
- 14 Apex cordis – Herzspitze
- 15 Lobi pulmones sinistri – Lappen der linken Lunge
- 16 Lobi pulmones dextri – Lappen der rechten Lunge
- 17 Thymus – Brustdrüse
- 18 Bronchus lobaris – Bronchus des entsprechenden Lungenlappens
- 19 Bronchi segmentales – Segmentalbronchen innerhalb der Lungenlappen
- 20 Lobus accessorius pulmonis – Akzessorischer Lungenlappen
- 21 A. et V. thoracica interna – Innere Brustkorbarterie und Vene
- 22 A. et V. axillaris – Achselarterie und Vene
- 23 Ramus a. pulmonalis sinistra – Ast der linken Lungenarterie
- 24 Ramus v. pulmonalis sinistra – Ast der linken Lungenvene

Weitere Strukturen des kranialen Abdomens in den Thoraxschnitten:

- 25 Reticulum – Netzmagen, Haube
- 26 Hepar – Leber
- 27 Saccus ruminis dorsalis – Dorsaler Pansensack
- 28 Saccus ruminis ventralis – Ventraler Pansensack
- 29 Omasum – Blättermagen, Psalter
- 30 Abomasum – Labmagen
- 31 Lien – Milz
- 32 V. portae – Pfortader
- 33 V. epigastrica cranialis – Kraniale Bauchdeckenvene
- 34 Vesica fellea – Gallenblase

Lymphknoten:

- 35 Ln. sternalis cranialis – Brustbeinlymphknoten
- 36 Ln. tracheobronchialis cranialis – Kranialer Tracheobronchallymphknoten
- 37 Ln. bifurcationis sinister – Linker Tracheabifurkationslymphknoten
- 38 Ln. mediastinalis caudalis – Kaudaler Mittelfelllymphknoten

6.4.2. Querschnittanatomie des Thorax einer 3jährigen Saanenziege

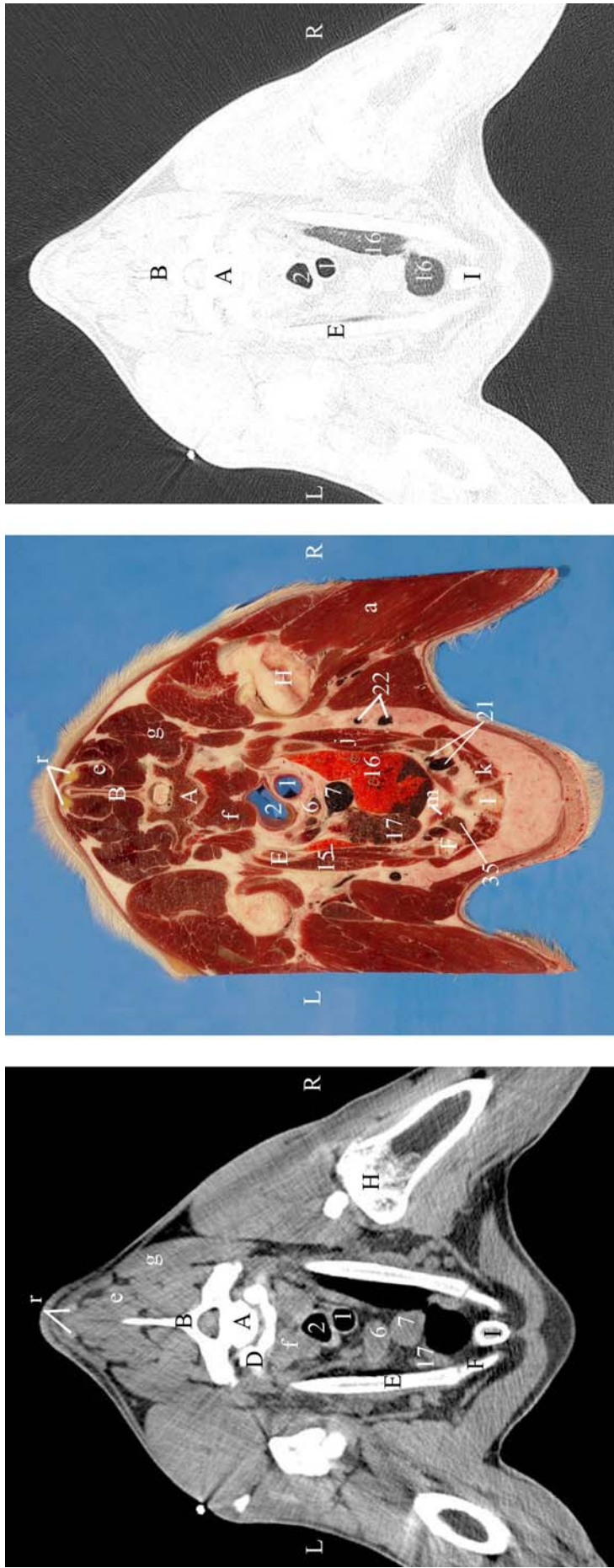
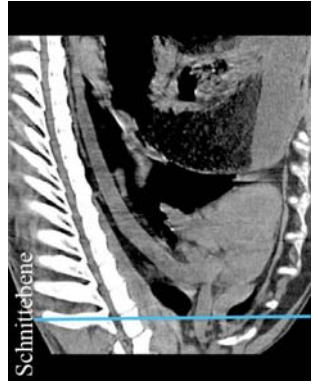


Abb. 28: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des ersten Brustwirbels

A Vertebra thoracica I, B Processus spinosus, D Caput costae, E Costa I, F Cartilago costalis, I Manubrium sterni, H Humerus

a Caput longum des M. triceps brachii, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M. longissimus thoracis, k Mm intercartilaginei, m M. transversus thoracis, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 V. cava cranialis, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis dextri, 17 Thymus, 21 A. et V. thoracica interna, 22 A. et V. axillaris, 35 Ln. sternalis cranialis



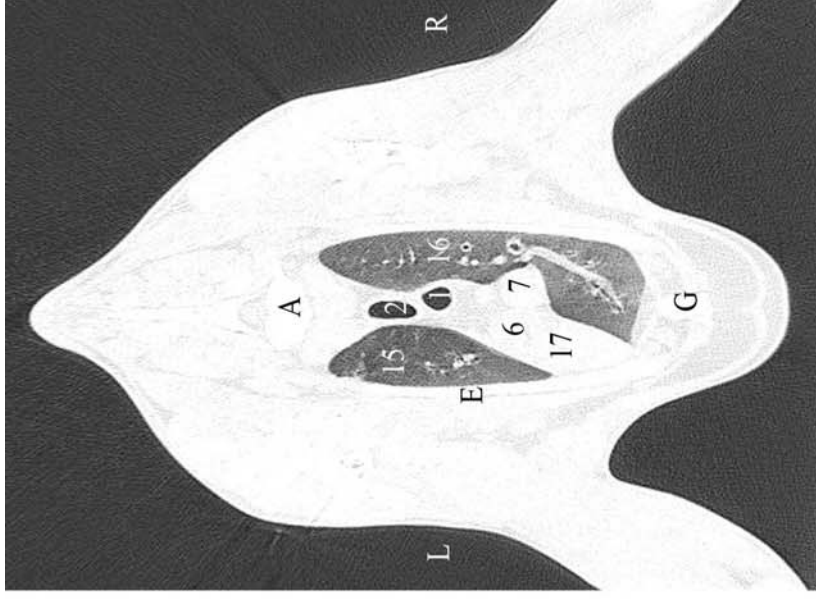
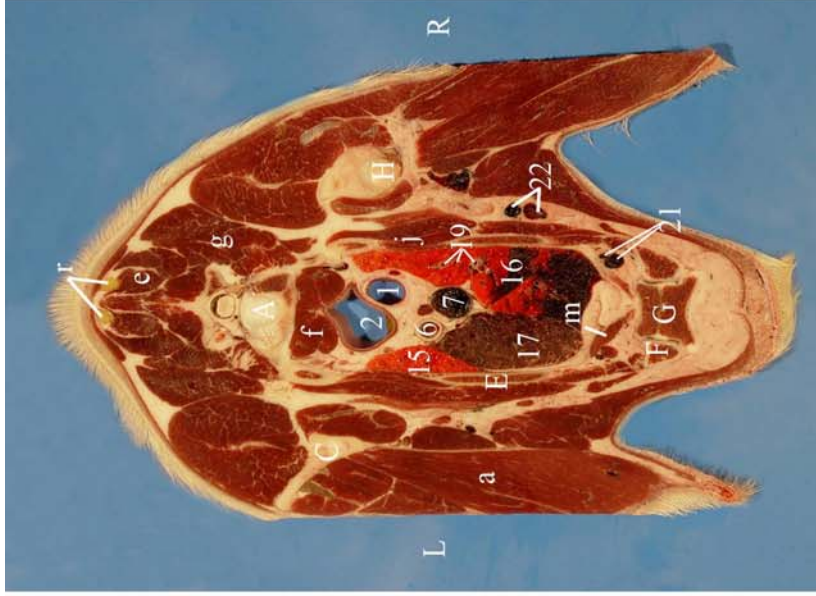
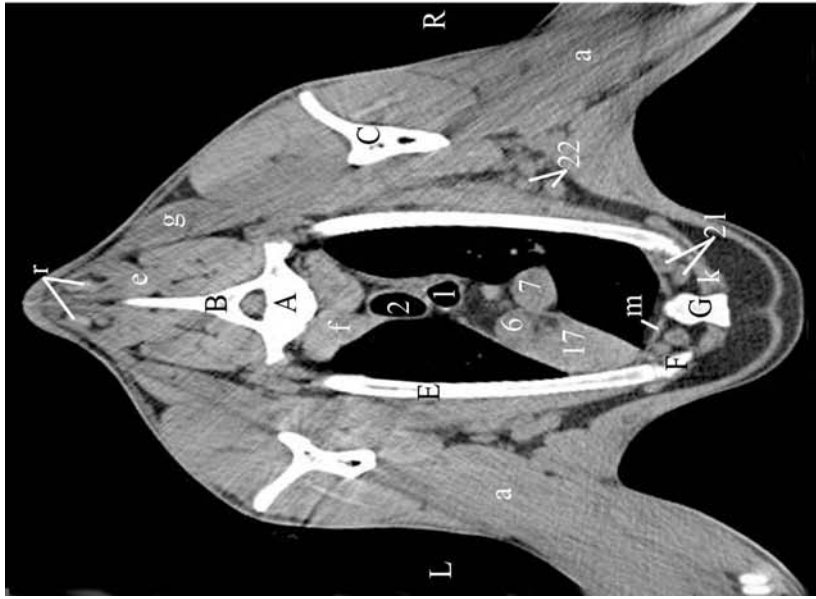


Abb. 29: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des zweiten Brustwirbels

A Vertebra thoracica II, B Processus spinosus, C Scapula, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum, H Humerus
a Caput longum des M. triceps brachii, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M. longissimus thoracis, j Mm. intercostales, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 V. cava cranialis, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis dextri, 17 Thymus, 19 Bronchi segmentales, 21 A. et V. thoracica interna, 22 A. et V. axillaris



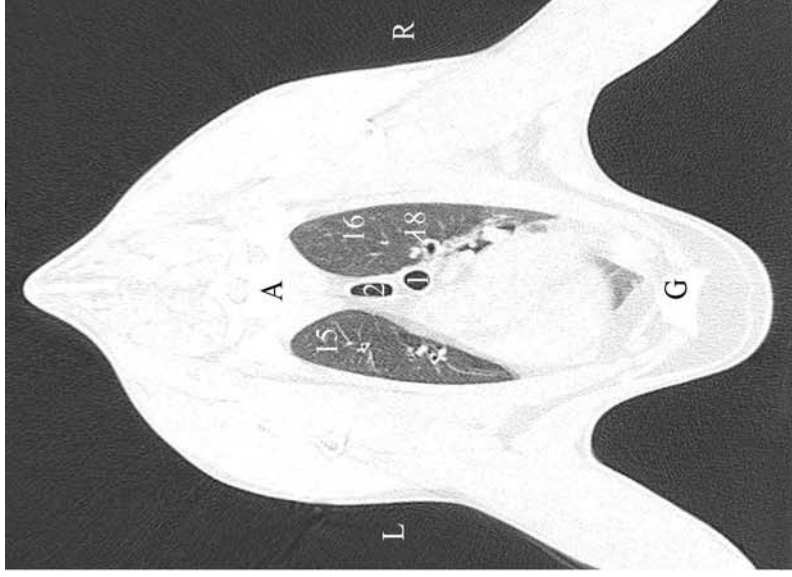
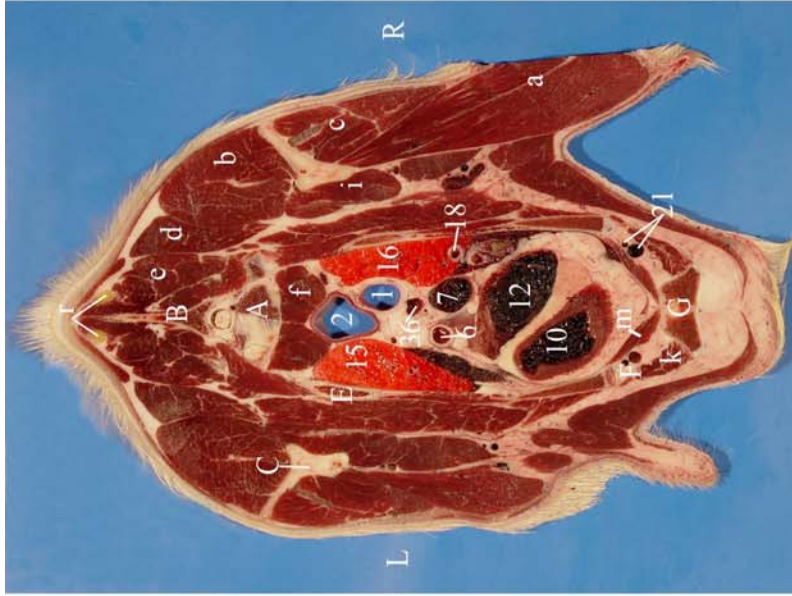
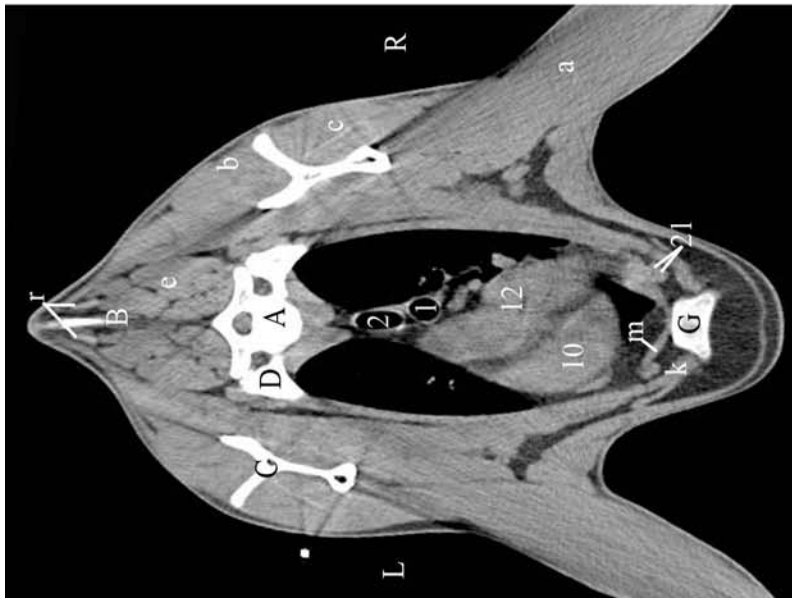


Abb. 30: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt zwischen dem zweiten und dritten Brustwirbel

A Vertebra thoracica III, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum

a Caput longum des M. triceps brachii, b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, d M. rhomboideus thoracis, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, i M.

subscapularis, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 6 Truncus brachiocephalicus, 7 V. cava cranialis, 10 Ventriculus

cordis sinister, 12 Atrium cordis dextrum, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus

cranialis pulmonis dextri, 18 Bronchus lobaris, 21 A. et V. thoracica interna, 36 Ln. tracheo-

bronchialis cranialis



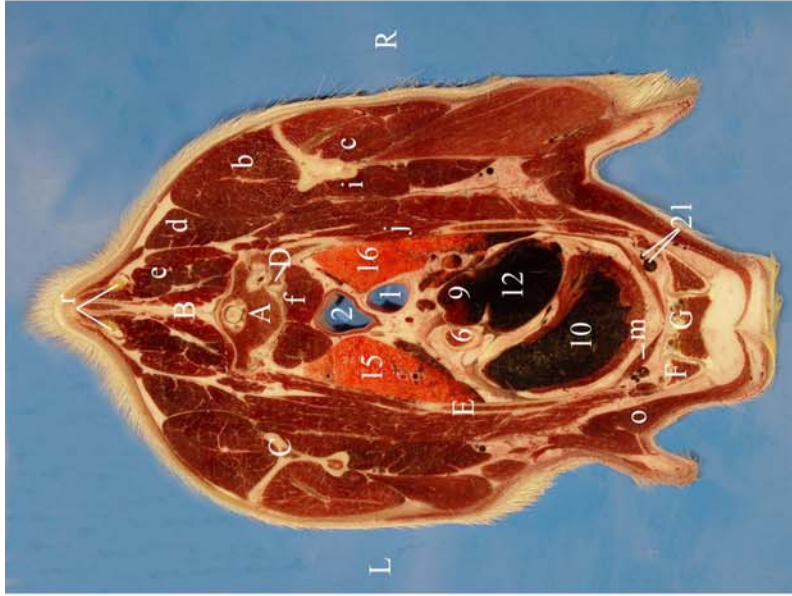
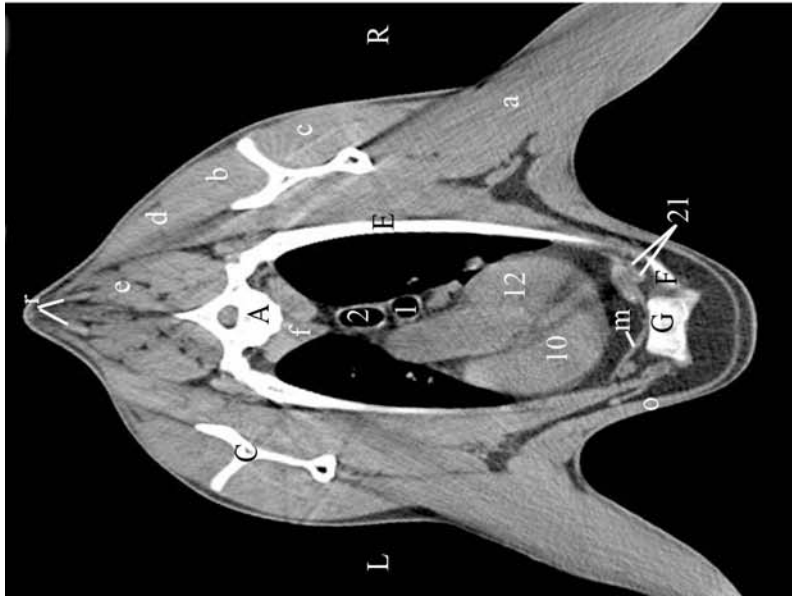


Abb. 31: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des kranialen Abschnitts des dritten Brustwirbels

A Vertebra thoracica III, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum

a Caput longum des M. triceps brachii, b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, d M. rhomboideus thoracis, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, i M. subscapularis, j Mm. intercostales; m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 6 Truncus brachiocephalicus, 9 Ostium v. cavae cranialis, 10

Ventriculus cordis sinister, 12 Atrium cordis dextrum, 15 Lobus cranialis pulmonis sinister, 16

Lobus cranialis pulmonis dexteri, 21 A. et V. thoracica interna

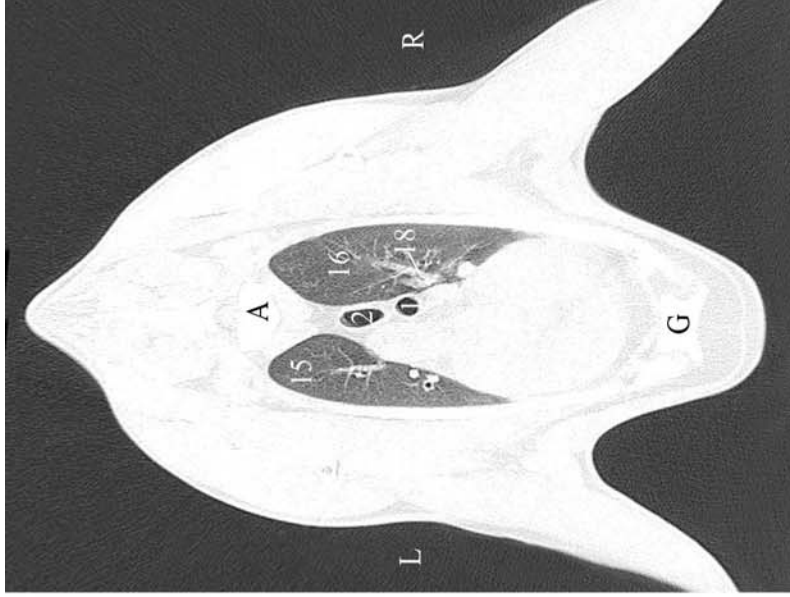
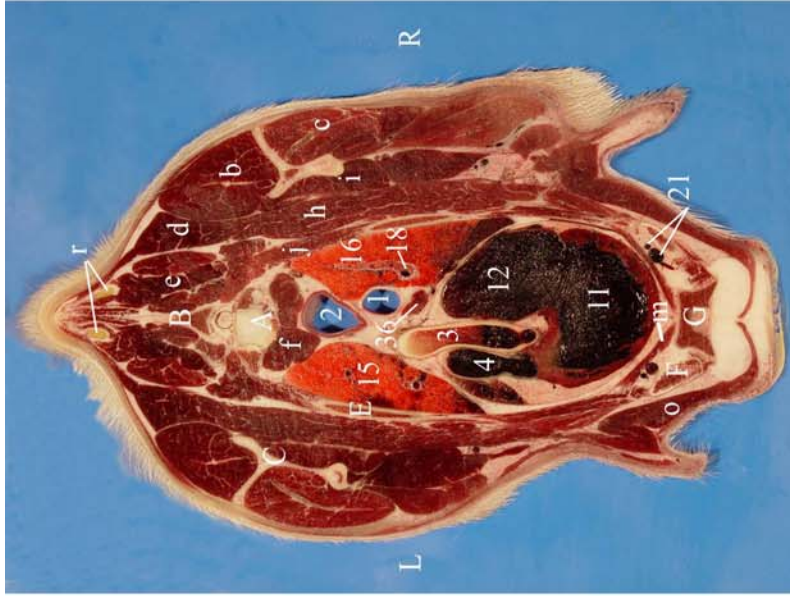
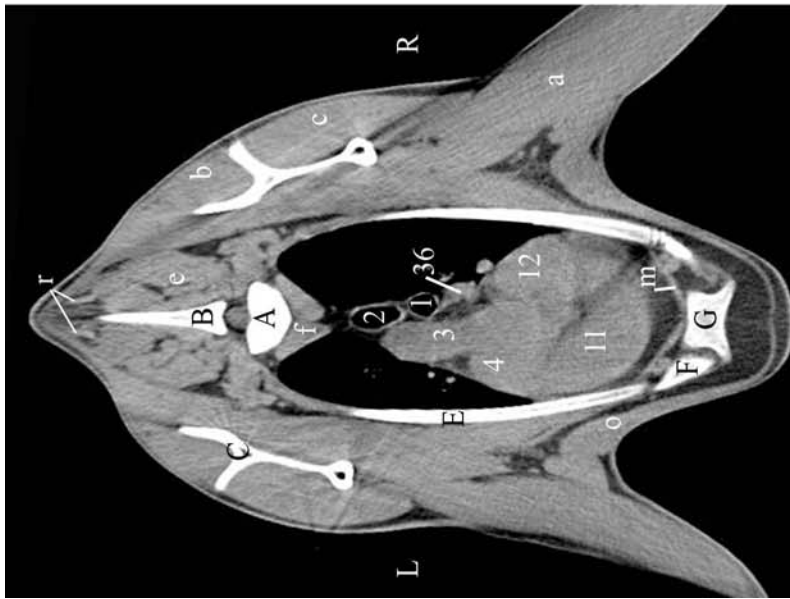


Abb. 32: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des kaudalen Abschnitts des dritten Brustwirbels

A Vertebra thoracica III, B Processus spinosus, C Scapula, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum
a Caput longum des M. triceps brachii, b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, d M. rhomboideus thoracis, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, h M. serratus ventralis thoracis, i M. subscapularis, j Mm. intercostales, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Arcus aortae, 4 Truncus pulmonalis, 11 Ventriculus cordis dexter, 12 Atrium cordis dexter, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis dextri, 18 Bronchus lobaris, 21 A. et V. thoracica interna, 36 Ln. tracheobronchialis cranialis



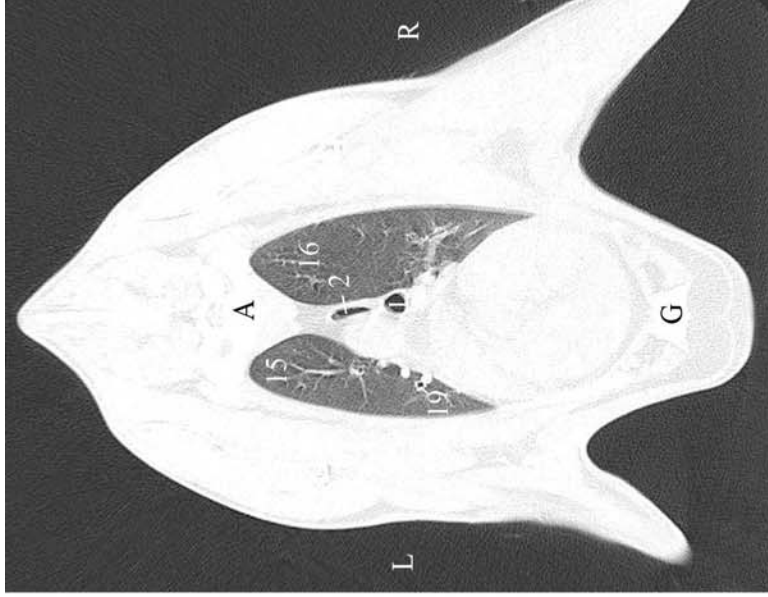
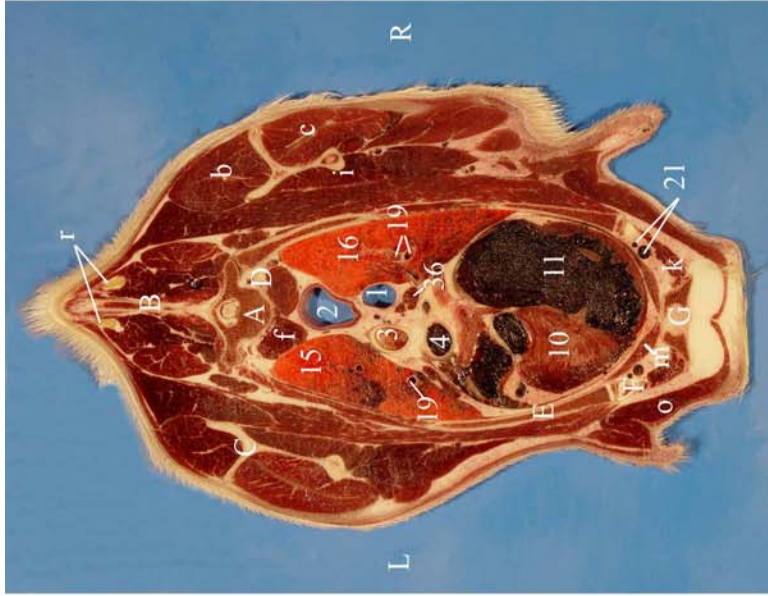
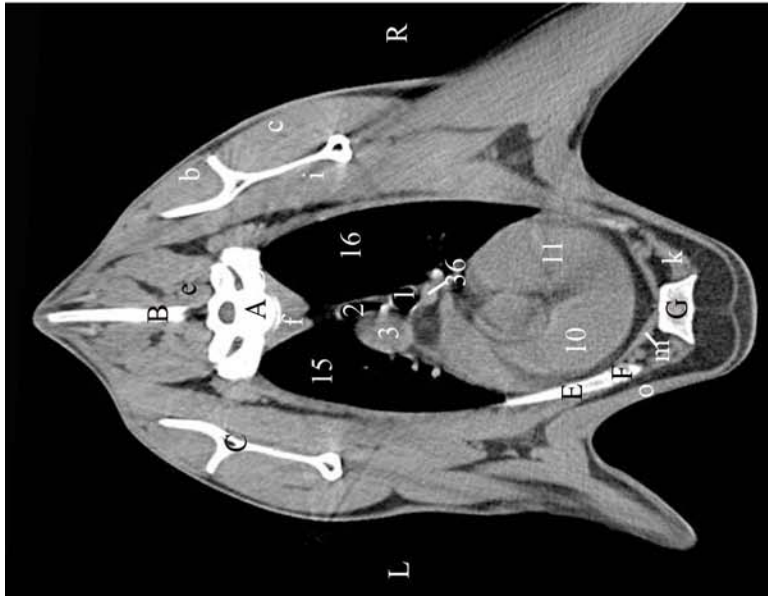


Abb. 33: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des kranialen Abschnitts des vierten Brustwirbels

A Vertebra thoracica IV, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum
 b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, i M. subscapularis, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 4 Truncus pulmonalis, 10 Ventriculus cordis sinister, 11 Ventriculus cordis dexter, 15 Lobus cranialis pulmonis sinister, 16 Lobus cranialis pulmonis dexter, 19 Bronchi segmentales, 21 A. et V. thoracica interna, 36 Ln. tracheobronchialis cranialis



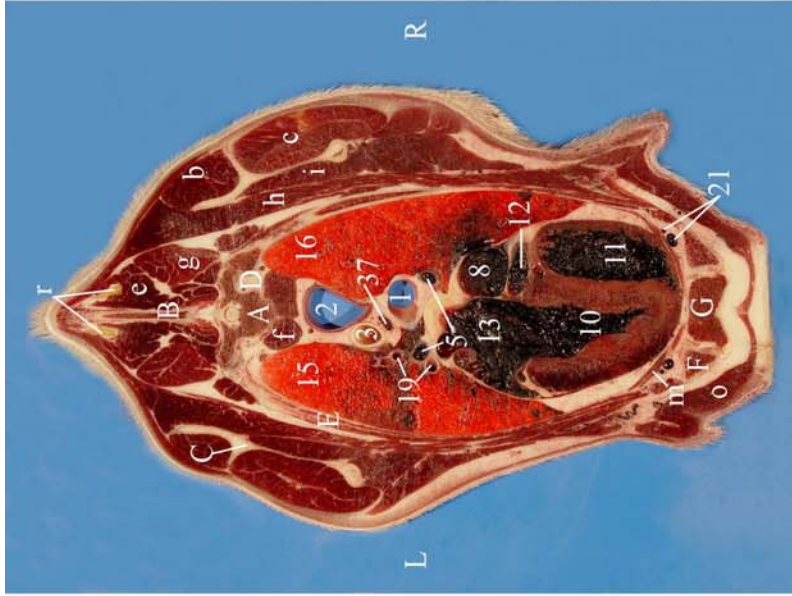
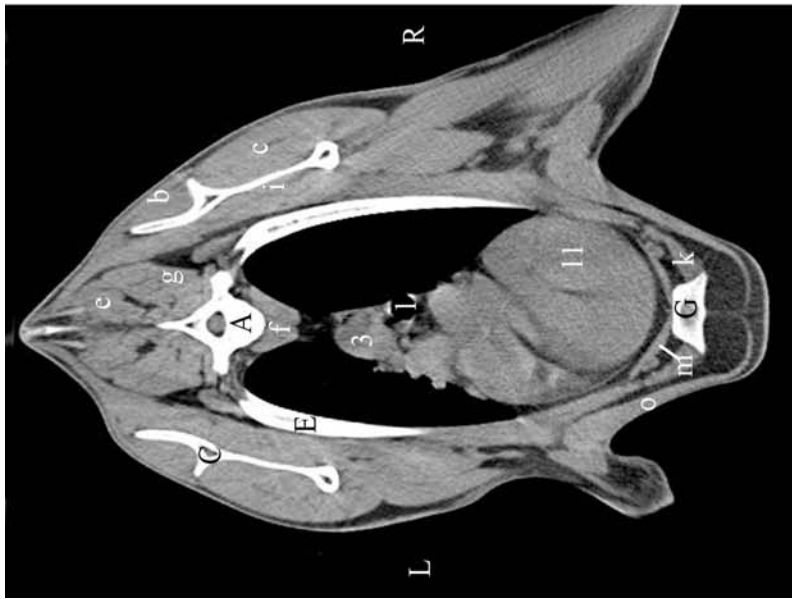


Abb. 34: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des kaudalen Abschnitts des vierten Brustwirbels

A Vertebra thoracica IV, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum

b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M. longissimus thoracis, h M. serratus ventralis thoracis, i M. subscapularis, k

Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, r Lig. nuchae

1 Trachea, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 5 V. pulmonalis dextra et sinistra, 8 V. cava

caudalis, 10 Ventriculus cordis sinistra, 11 Ventriculus cordis dextra, 12 Atrium cordis dextrum,

13 Atrium cordis sinistrum, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis

dexteri, 19 Bronchi segmentales, 21 A. et V. thoracica interna

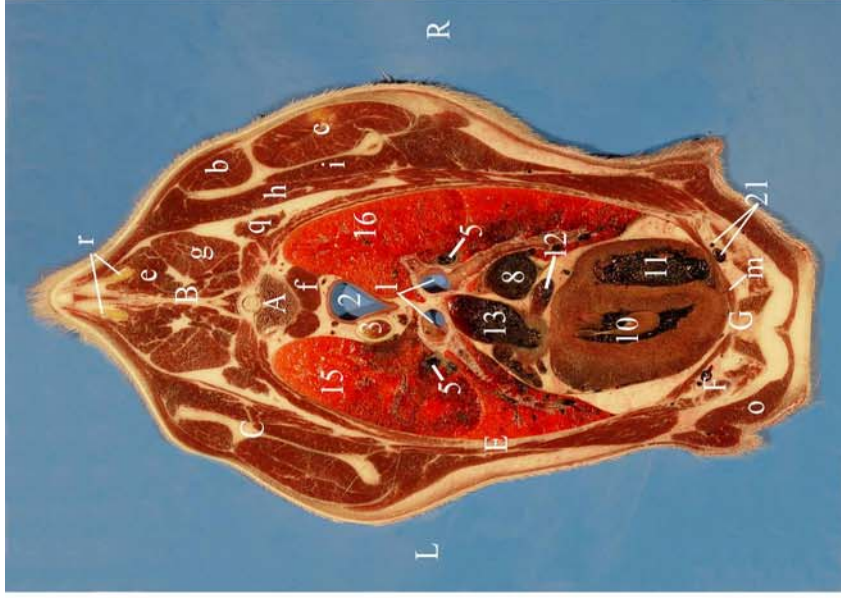
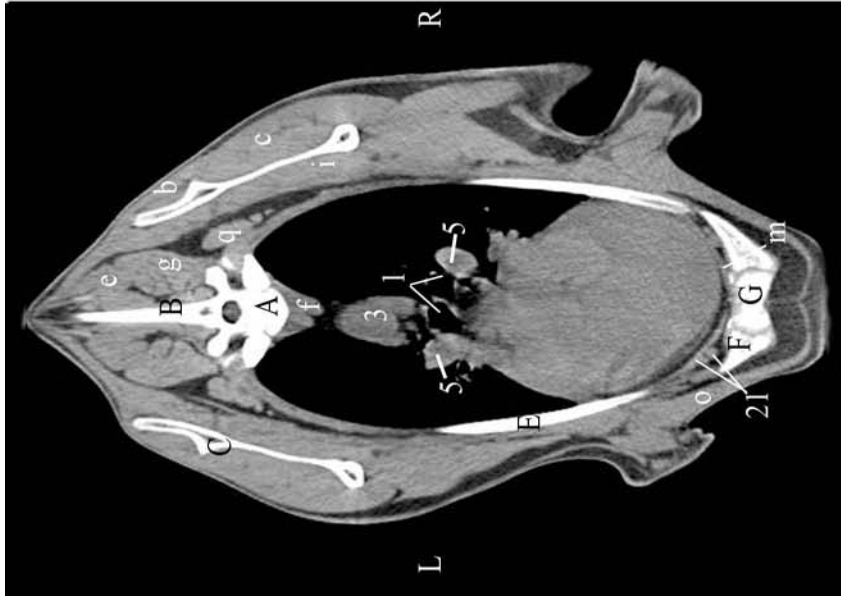


Abb. 35: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des fünften Brustwirbels

A Vertebra thoracica V, B Processus spinosus, C Scapula, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum
b M. supraspinatus, c M. infraspinatus, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M. longissimus thoracis, h M. serratus ventralis thoracis, i M. subscapularis, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, q M. levator costae

1 Bifurcatio tracheae bzw. Bronchi principales, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 5 V. pulmonalis dexter et sinister, 8 V. cava caudalis, 10 Ventriculus cordis sinister, 11 Ventriculus cordis dexter, 12 Atrium cordis dextrum, 13 Atrium cordis sinisterum, 15 Lobus cranialis pulmonis sinister, 16 Lobus cranialis pulmonis dexter, 21 A. et V. thoracica interna



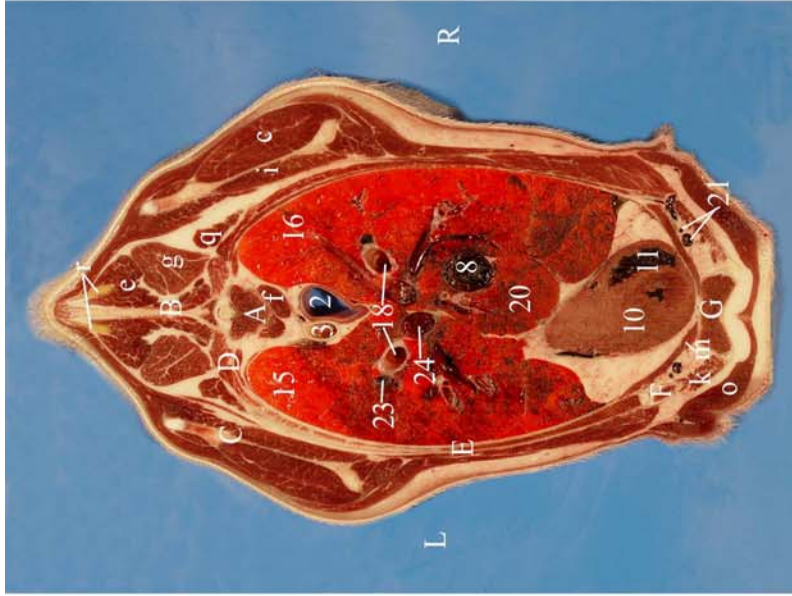


Abb. 36: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des sechsten Brustwirbels

A Vertebra thoracica VI, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum

c M. infraspinalis, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M. longissimus thoracis, i M. subscapularis, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, q M. iliocostalis, r Lig. nuchae

2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 10 Ventriculus cordis sinister, 11 Ventriculus cordis dexter, 15 Lobus caudalis pulmonis sinistri, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 18 Bronchi lobares, 20 Lobus accessorius pulmonis, 21 A. et V. thoracica interna, 23 Ramus a. pulmonalis sinistri, 24 Ramus v. pulmonalis sinistri

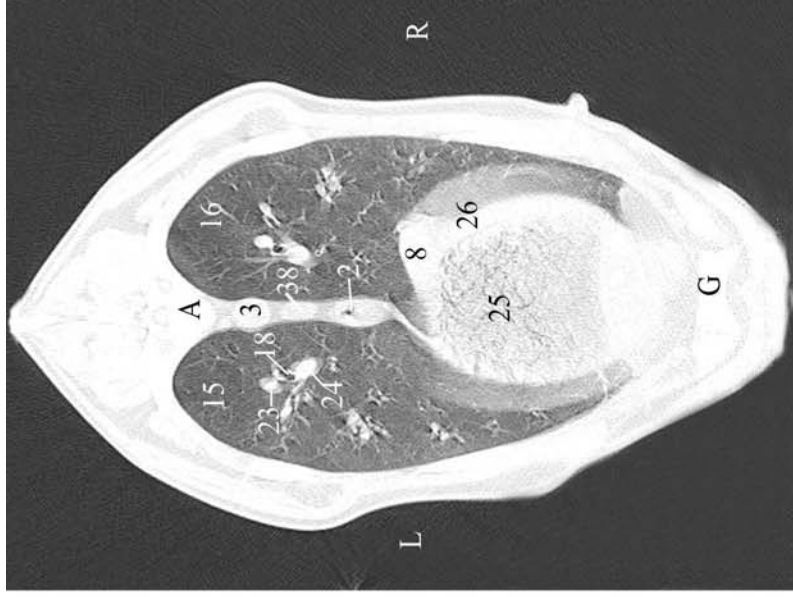
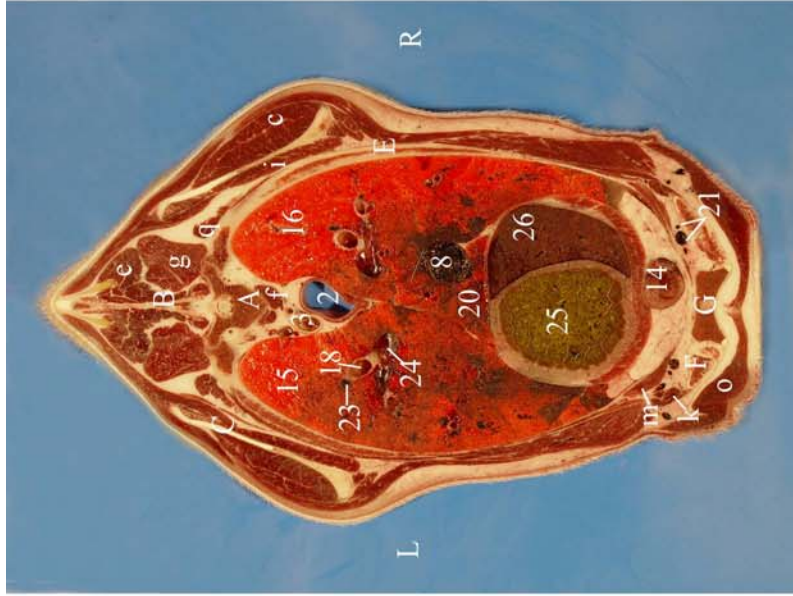
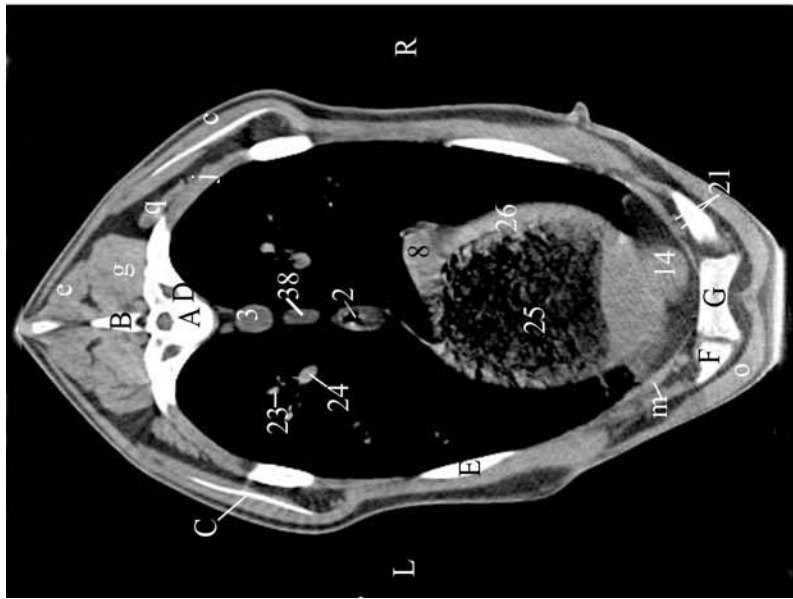
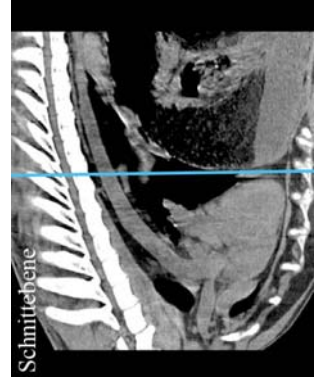


Abb. 37: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des siebten Brustwirbels

A Vertebra thoracica VII, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum
 c M. infraspinatus, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, f M. longus colli, g M.
 longissimus thoracis, i M. subscapularis, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, o
 M. pectoralis profundus, q M. iliocostalis

2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 14 Apex cordis, 15 Lobus caudalis
 pulmonis sinistri, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 18 Bronchus lobaris, 20 Lobus accessorius
 pulmonis, 21 A. et V. thoracica interna, 23 Ramus a. pulmonalis sinistri, 24 Ramus v.
 pulmonalis sinistri, 25 Reticulum, 26 Hepar, 38 Ln. mediastinalis caudalis



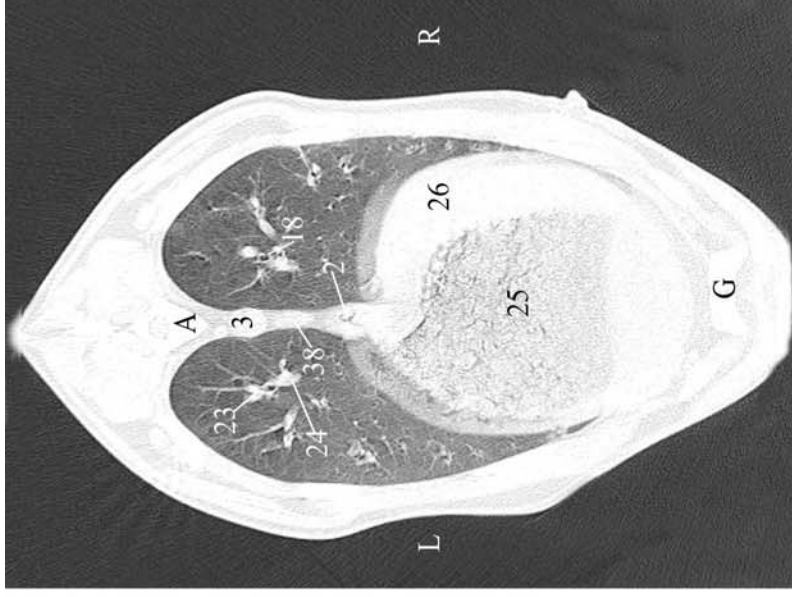
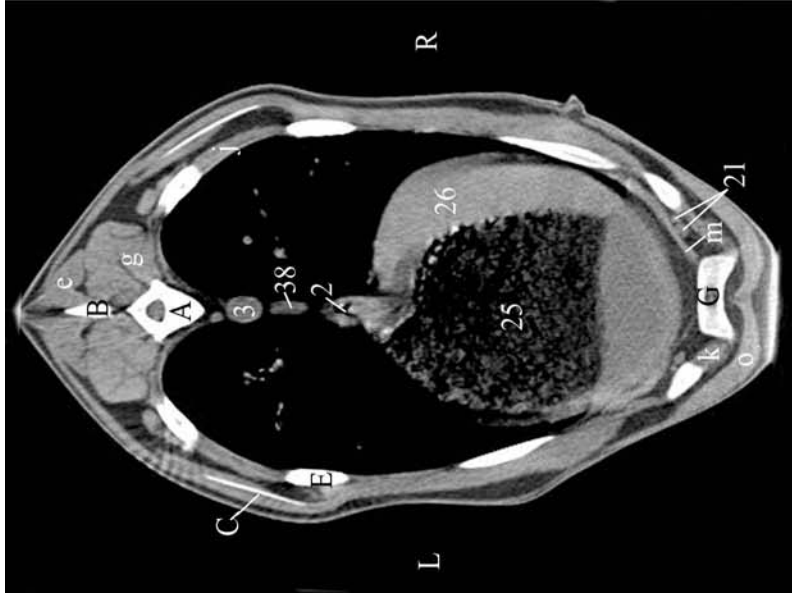
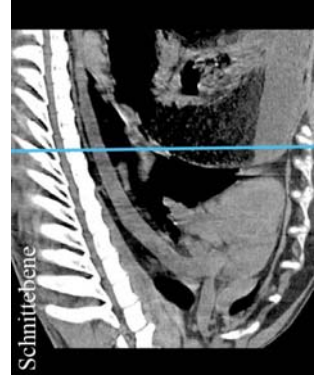


Abb. 38: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des achten Brustwirbels

A Vertebra thoracica VIII, B Processus spinosus, C Scapula, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis, G Sternum

c M. infraspinatus, e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, g M. longissimus thoracis, i M. subscapularis, k Mm. intercartilaginei, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, q M. iliocostalis

2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 15 Lobus caudalis pulmonis sinistri, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 18 Bronchus lobaris, 19 Bronchi segmentales, 20 Lobus accessorius pulmonis, 21 A. et V. thoracica interna, 23 Ramus a. pulmonalis sinistri, 24 Ramus v. pulmonalis sinistri, 25 Reticulum, 26 Hepar, 38 Ln. mediastinalis caudalis



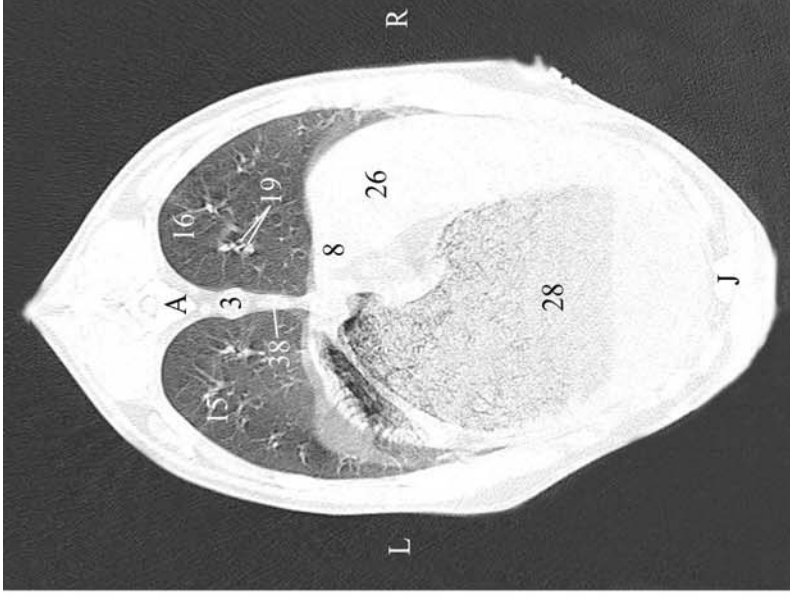


Abb. 39: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des neunten Brustwirbels

A Vertebra thoracica IX, B Processus spinosus, E Costa, F Cartilago costalis, J Processus xiphoideus

e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, g M. longissimus thoracis, i M. subscapularis, m M. transversus thoracis, o M. pectoralis profundus, p M. rectus abdominis, q M. iliocostalis

2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 15 Lobus caudalis pulmonis sinistri, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 19 Bronchi segmentales, 26 Hepar, 28 Saccus ruminis ventralis, 33 V. epigastrica cranialis, 38 Ln. mediastinalis caudalis



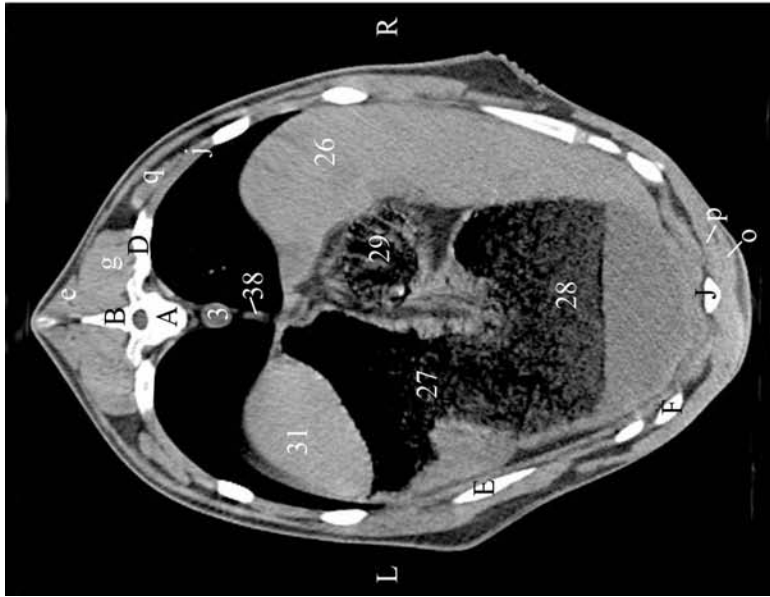
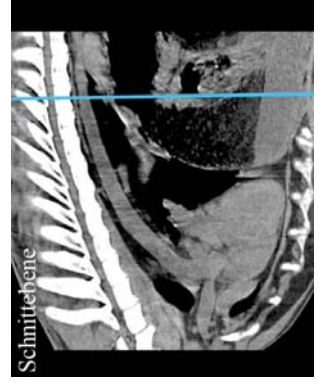


Abb. 40: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des zehnten Brustwirbels

A Vertebra thoracica X, B Processus spinosus, D Caput costae, E Costa, F Cartilago costalis (Arcus costalis), J Cartilago xiphoides

e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, g M. longissimus thoracis, j Mm. intercostales, o M. pectoralis profundus, p M. rectus abdominis, q M. iliocostalis, s Crura diaphragmatis dextra et sinistra (Pars lumbalis)

3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 15 Lobus caudalis pulmonis sinistri, 16 Lobus caudalis pulmonis dexteri, 26 Hepar, 27 Saccus ruminis ventralis, 28 Saccus ruminis ventralis, 29 Omasum, 30 Abomasum, 31 Lien, 32 V. portae, 33 V. epigastria cranialis, 38 Ln. mediastinalis caudalis



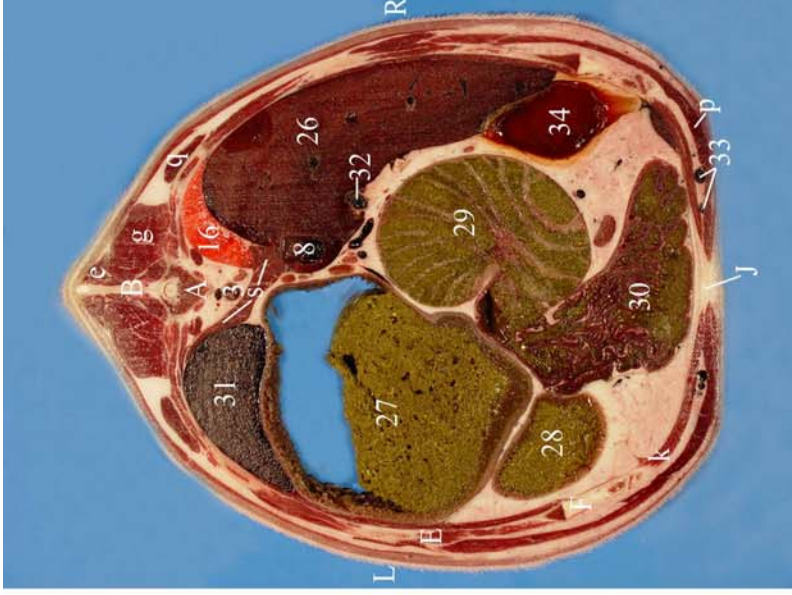
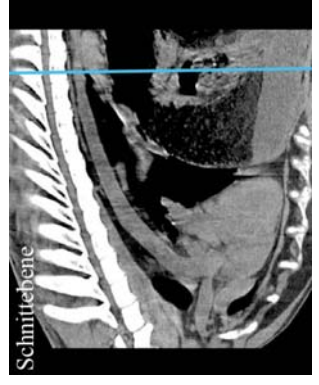


Abb. 41: Vergleich von Weichteil- und Lungenfenster mit dem anatomischen Schnitt auf Höhe des elften Brustwirbels

A Vertebra thoracica XI, B Processus spinosus, E Costa, F Cartilago costalis, J Cartilago xiphoidea

e M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, g M. longissimus thoracis, p M. rectus abdominis, q M. iliocostalis, s Crura diaphragmatis dextra et sinistra (Pars lumbalis)

3 Aorta thoracica, 8 V. cava caudalis, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 26 Hepar, 27 Saccus ruminis dorsalis, 28 Saccus ruminis ventralis, 29 Omasum, 30 Abomasum, 31 Lien, 32 V. portae, 33 A. et V. epigastrica cranialis, 34 Vesica fellea



6.4.3. Dorsalschnittanatomie des Thorax einer 3jährigen Saanenziege

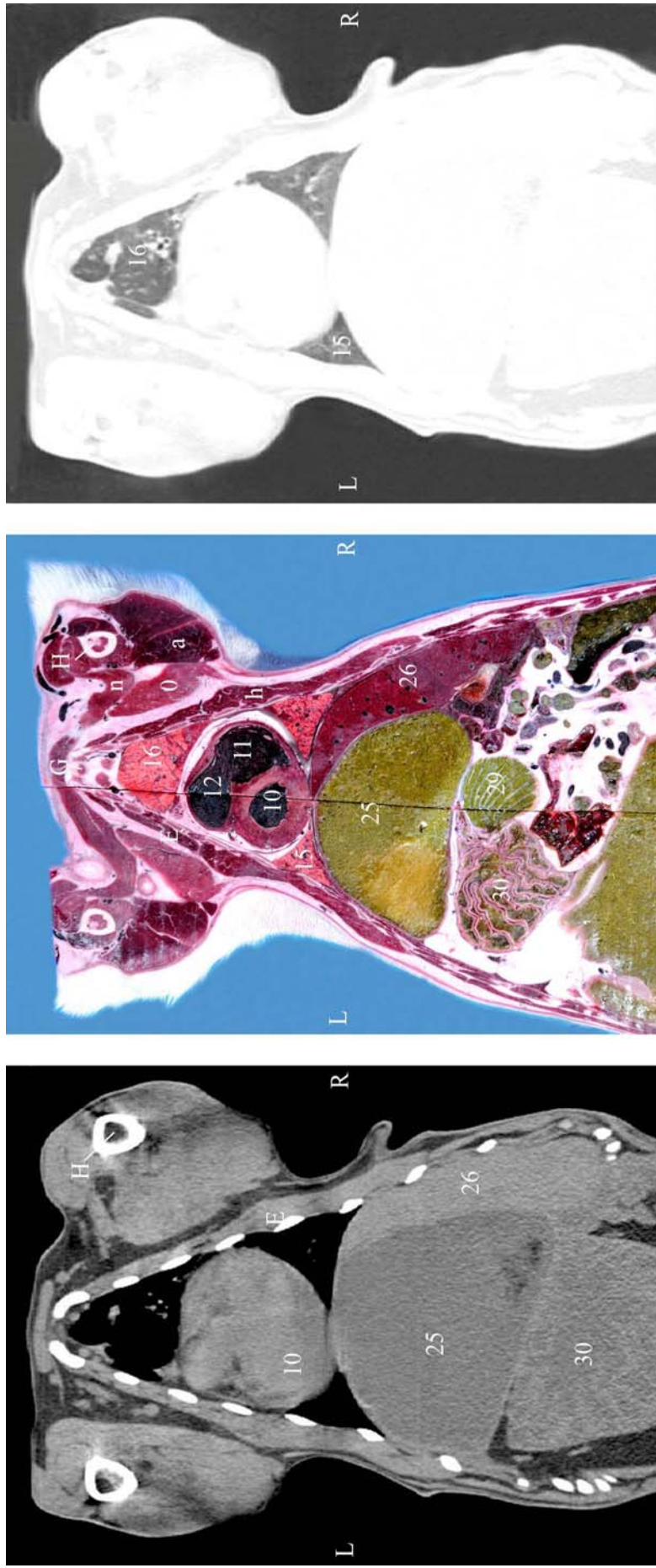
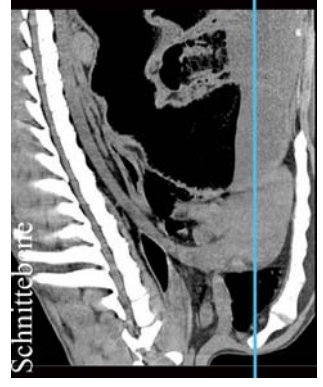


Abb. 42: Dorsalschnitt durch den Thorax einer dreijährigen Saanenziege auf der Höhe des Manubrium sterni

E Costa, G Sternum, H Humerus

a Caput longum des M. triceps brachii, h M. serratus ventralis thoracis, n Mm. pectorales superficiales, o M. pectoralis profundus

10 Ventriculus cordis sinister, 11 Ventriculus cordis dexter, 12 Ostium trunci pulmonalis, 15 Lobus caudalis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis dextri, 25 Reticulum, 26 Hepar, 29 Omasum, 30 Abomasum



6.4.4. Sagittalschnittanatomie des Thorax einer 4jährigen Saanenziege

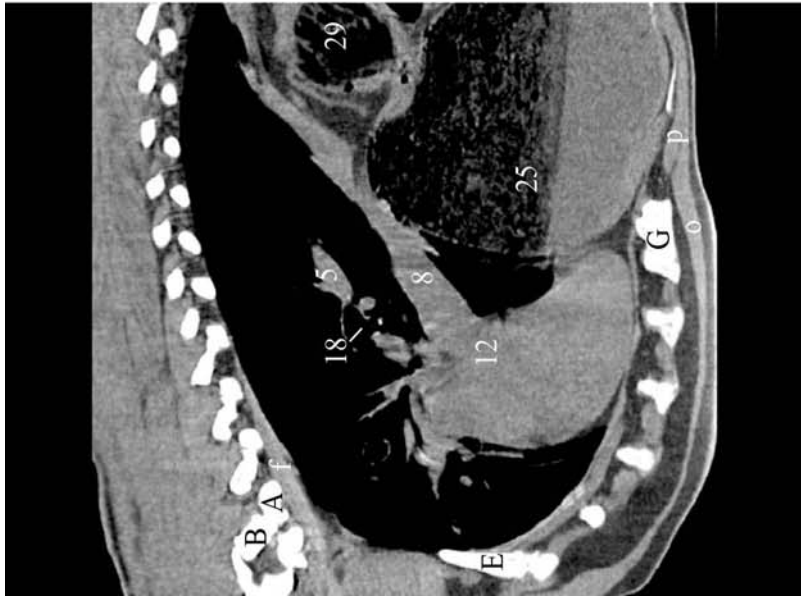


Abb. 43: Sagittalschnitt durch den Thorax einer vierjährigen Saanenziege rechts paramedian auf der Höhe der V. cava caudalis

A Vertebra thoracica I, B Processus spinosus, G Sternum, E Costa
f M. longus colli, o M. pectoralis profundus, p M. rectus abdominis

3 Aorta thoracica, 5 V. pulmonalis dextra, 8 V. cava caudalis, 12 Atrium cordis dextrum, 16 Lobus caudalis pulmonis dextri, 18 Bronchus lobaris pulmonis dexter, 20 Lobus accessorius pulmonis, 25 Reticulum, 26 Hepar, 29 Omasum, 30 Abomasum



6.5. Spezielle Befunde bei den 30 Saanenziegen

6.5.1. Thymus

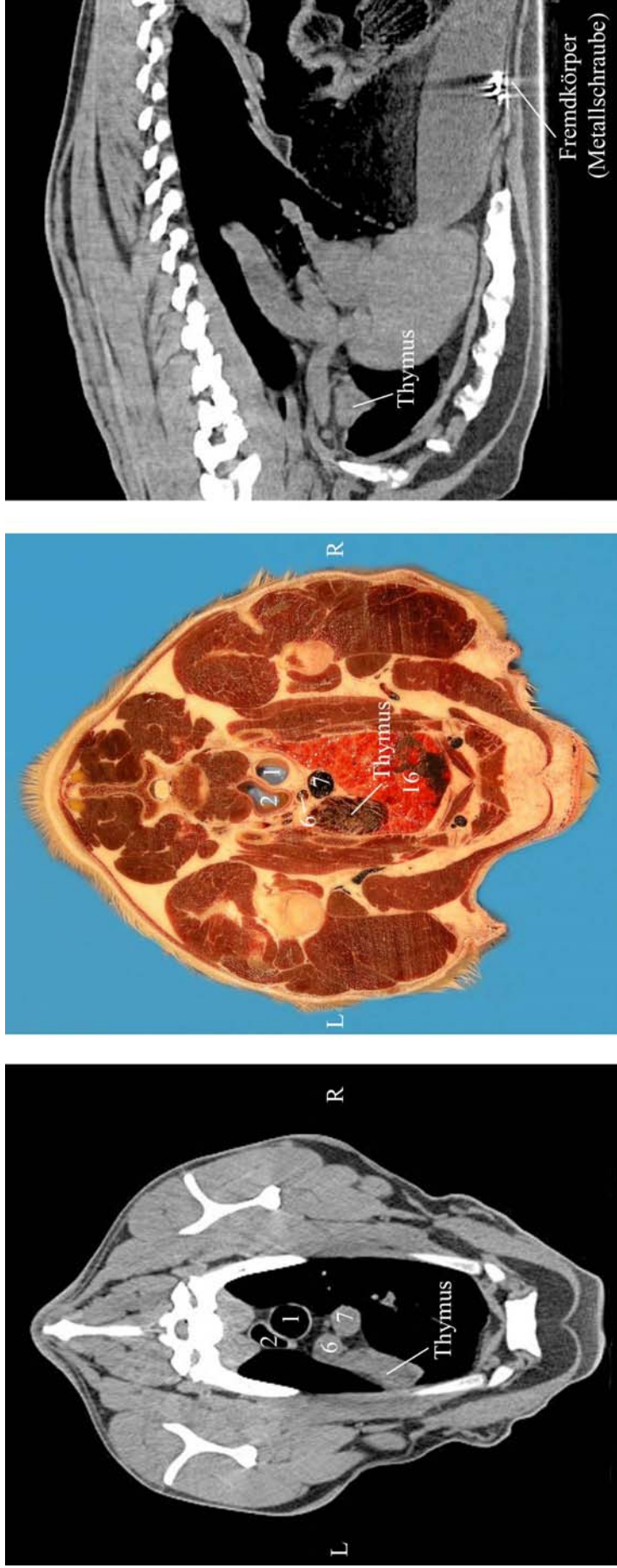


Abb. 44: Darstellung des Brustteils des Thymus in der transversalen und sagittalen Ebene im Weichteilfenster und im anatomischen Schnittbild einer 4-jährigen Saanenziege

Der Brustteil des Thymus liegt bei Wiederkäuern asymmetrisch links in der dorsalen Hälfte des präkardialen Mediastinums und wird durch die Trachea (1) und den Oesophagus (2), die V. cava cranialis (7) und den Truncus brachiocephalicus (6) sowie durch den Kraniallappen der rechten Lunge (16) und den Herzbeutel begrenzt. Als Besonderheit wird bei der Ziege das Vorkommen von beträchtlichen Thymusresten im Brustkorb bis zu einem Alter von fünf Jahren gesehen.

6.5.2. Zirkulär erhöhte Lungendichte



Abb. 45: Darstellung einer zirkulär erhöhten Lungendichte im dorsalen Bereich des linken oder rechten Lungenlappens im Lungenfenster in der transversalen Ebene einer 3-jährigen (A) und zweier 4-jähriger Saanenziegen (B, C)

Die Bilder stammen von drei verschiedenen Saanenziegen aus der untersuchten Gruppe, deren parasitologische Untersuchung einen hochgradigen (++++) Protostrongylidenbefall ergab. Die zirkulär erhöhten Lungendichten stellen dabei vermutlich die für kleine Lungenwürmer typischen Brutknoten innerhalb des Lungengewebes dar (mit rotem Kreis umfassen).

6.5.3. Lungenabszess

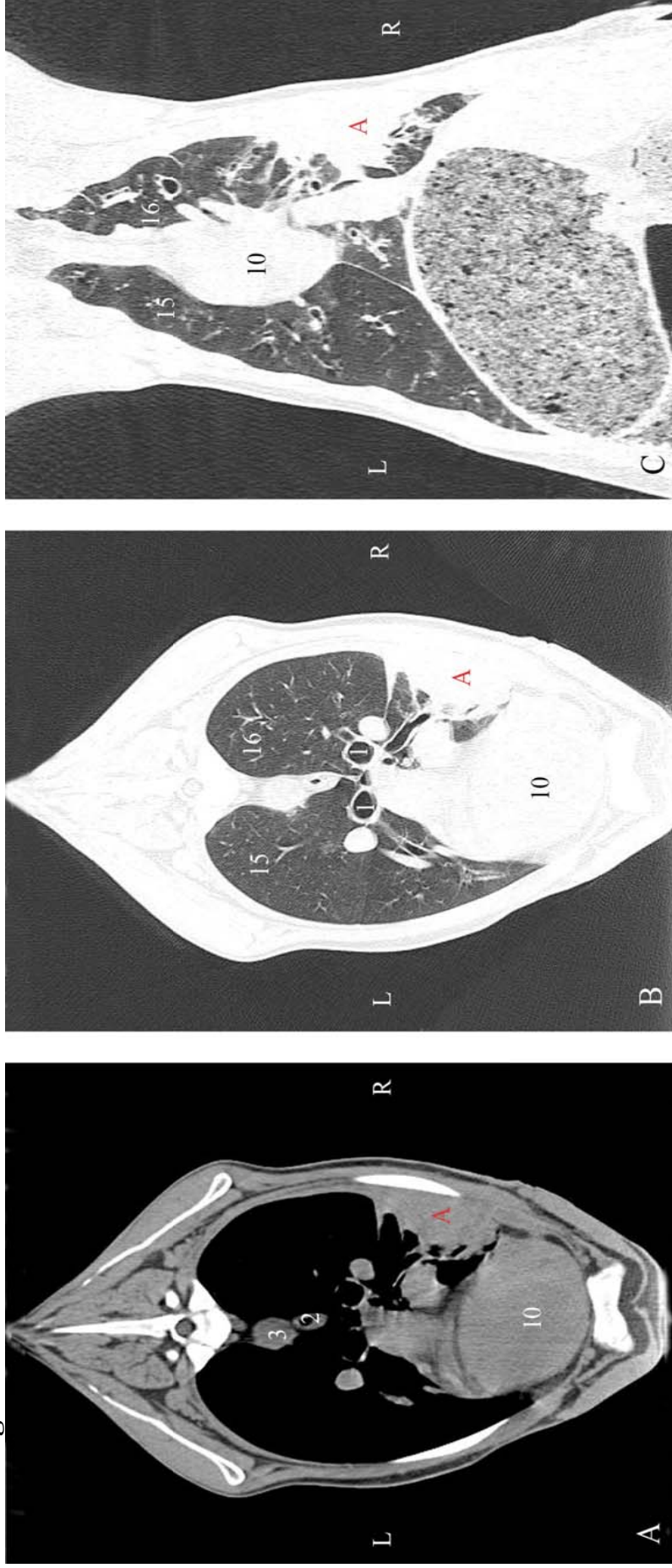


Abb. 46: Darstellung eines Lungenabszesses im Weichteilfenster in der transversalen Ebene (A) und im Lungenfenster in der transversalen (B) und dorsalen Ebene (C) einer 4-jährigen Saanenziege

Im ventralen Bereich der rechten Lunge (16) befindet sich eine Masse in unmittelbarer Umgebung des Herzens (10), welche sich in der anatomisch-pathologischen Untersuchung als Abszess herausstellte. Die Masse stellt sich im Weichteilfenster als homogen weichteildichte Struktur dar. Im Lungenfenster konnten sowohl in der transversalen als auch in der dorsalen Ebene fächerartige Ausläufe der Masse innerhalb des Lungenparenchyms und der Kontakt zu einem offenen Bronchus erkannt werden. 1 Bifurcatio tracheae, 2 Oesophagus, 3 Aorta thoracica, 15 Lobus cranialis pulmonis sinistri, 16 Lobus cranialis pulmonis dextri

6.6. Fallvorstellungen

6.6.1. Osteosarkom im Mediastinum bei einer Zwergziege

Eine 16-jährige, männlich-kastrierte Zwergziege zeigte seit Wochen eine reduzierte Fresslust und wurde vom Privattierarzt mit einer erhöhten Atemfrequenz, einem vermehrt vesikulären Atemgeräusch und einer Herzarrhythmie an das Tierhospital Zürich überwiesen.

Das Allgemeinbefinden war leicht- bis mittelgradig gestört und die Körpertemperatur lag bei 40.2 °C. Die Herzfrequenz war mit 160 Schlägen pro Minute erhöht und es bestand eine Arrhythmie. Beide Jugularvenen waren gestaut. Die Atemfrequenz betrug 60 Atemzüge pro Minute und die Atmung war abdominal betont und erschwert. Bei einer echokardiographischen Untersuchung wurde eine präkardiale Masse mit einem Pleura- und leichtgradigen Perikarderguss festgestellt. Darüber hinaus bestanden ventrikuläre Extrasystolen, die auf eine sekundäre Schädigung des Herzmuskels hindeuteten. Ein Hinweis auf eine primäre Herzerkrankung lag nicht vor.

Radiologisch wurde eine Masse gefunden, und es bestand der Verdacht, dass es sich um ein Thymom, ein Lymphom oder einen Abszess handelte. Mit der computertomographischen Untersuchung konnte die präkardiale Masse in allen drei rekonstruierten Ebenen bestätigt und vermessen werden. Ihr Ausmass betrug 16.4 cm x 11.4 cm x 14.2 cm (Länge x Breite x Höhe). Ventral in der Masse zeigten sich schollige Mineralisationen und die mediastinalen Strukturen wie Herz und Trachea waren nach rechts und nach dorsal verlagert. Die Lungen waren deutlich komprimiert. Nach der intravenösen Kontrastmittelgabe zeigte sich eine nur periphere Kontrastanreicherung in der Masse mit unregelmässiger Wand (Abb. 47). Das Tier wurde aufgrund der infausten Prognose euthanasiert und seziert.

Die Sektion ergab eine kindskopfgrosse, weisse, rundovale Masse, die im kranialen Pleuralraum mit dem Herzbeutel und dem Sternum verklebt war (Abb. 48). Die Trachea, die Lunge und das Herz waren durch die Masse komprimiert. Auf der Pleura costalis und dem Zwerchfell konnten Abklatschmetastasen gefunden

werden. Zusätzlich lagen ein hochgradiges, akutes diffuses Lungenödem mit hochgradiger eitriger Pneumonie in den Spitzenlappen (vermutlich in Form einer Aspirationspneumonie) und eine leichtgradige Lungenwurmpneumonie in den Zwerchfelllappen der Lunge vor. Bei der histologischen Untersuchung stellte sich die Masse als Osteosarkom heraus.

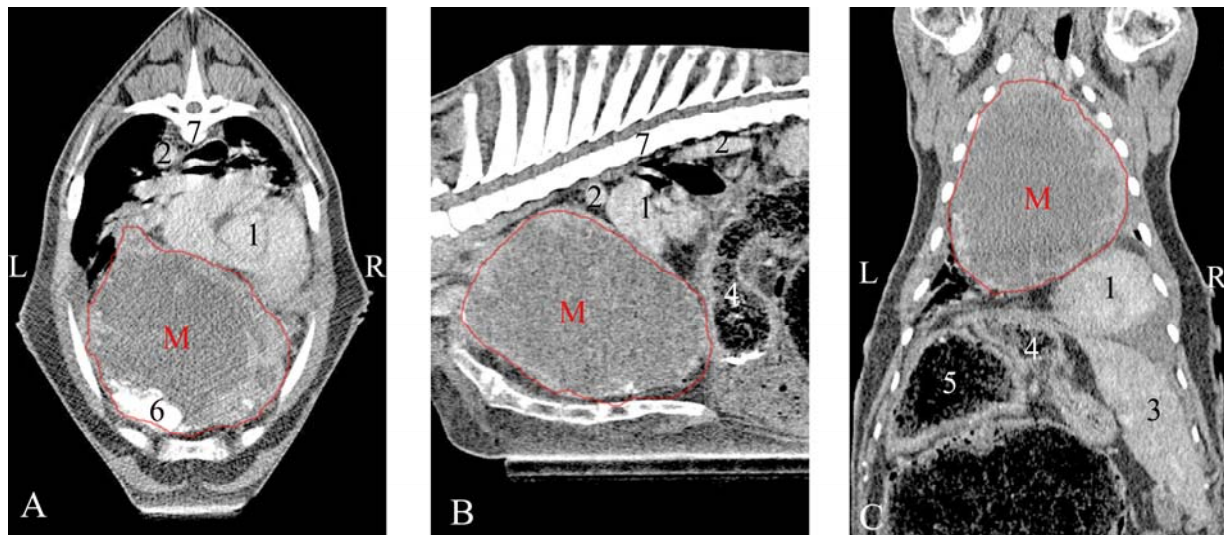


Abb. 47: Darstellung der Masse (M) im Weichteilfenster in der transversalen (A), sagittalen (B) und dorsalen Ebene (C) (Kontrastmittelstudie). 1 Herz, 2 Aorta, 3 Hepar, 4 Omasum, 5 Reticulum, 6 Kontrastmittelanreicherung, 7 Corpus vertebrae thoracicae VII

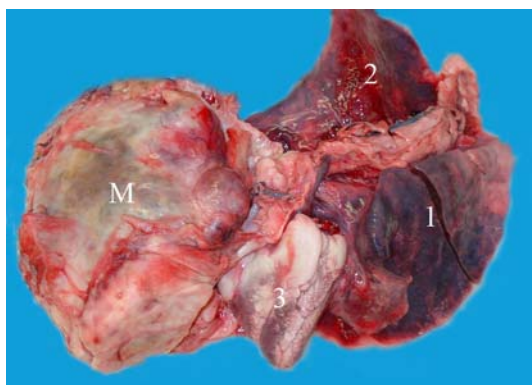


Abb. 48: Pathologisch-anatomische Befunde bei einer Ziege mit Osteosarkom im Thorax. M Masse, 1 Lobus pulmonis sinister, 2 Lobus pulmonis dexter, 3 Herz

6.6.2. Thymom im Mediastinum bei einer Pfauenziege

Eine 9-jährige männliche Pfauenziege zeigte seit zwei Monaten eine stetige Abmagerung und seit zwei Wochen eine erschwerte Atmung mit gelegentlicher Maulatmung, so dass sie vom Privattierarzt ins Tierspital Zürich überwiesen wurde.

Das Allgemeinbefinden und die Fresslust waren leicht gestört, und die Ziege war mager. Die rektale Körpertemperatur war mit 39.1°C normal. Von links war das Herz nicht auskultierbar. Rechts waren die Herztöne kräftig und regelmässig. Die Herzfrequenz war mit 128 Schlägen pro Minute erhöht. Die Atmung war abdominal betont und mit 100 Atemzügen pro Minute deutlich erhöht. Im dorsalen Lungenbereich war verschärftes Vesikuläratmen zu hören.

Bei der sonographischen Untersuchung des Thorax mit einem 5.0 MHz-Linear-schallkopf war im linken Pleuralraum eine massive Ansammlung von echoarmer Flüssigkeit zu sehen. Die linke Lunge war komprimiert und wies einen reduzierten Luftgehalt auf. Ventral der Lunge war eine echogene, unregelmässig geformte Masse mit gefurchter Oberfläche und hyperechogenen Bezirken zu sehen. Die linke Pleurahöhle wurde mit einer mandrinhaltigen Spinalkanüle punktiert. Das Punktat war trüb und leicht blutig mit einem spezifischen Gewicht von 1023 g/dl und einem Proteingehalt von 27 g/l. Die Zellzahl war mit 24'000 Leukozyten/ μ l erhöht. Dabei handelte es sich hauptsächlich um kleine, reifzellige Lymphozyten. Der Erguss wurde als lymphozytenreiches, modifiziertes Transsudat interpretiert. Darüber hinaus wurde die Masse unter Ultraschallkontrolle biopsiert. Der histologische Befund sprach für ein mediastinales, kleinzelliges Lymphom.

Bei der computertomographischen Untersuchung wurde eine sehr grosse, diffus inhomogen mineralisierende Masse gesehen, die sich vermehrt auf der linken Seite im Pleuralraum befand. Die Lungenlappen waren nach kaudodorsal und nach rechts verdrängt und es war ein deutlicher mediastinaler Shift nach rechts mit Verlagerung von Trachea und Herz bis an die rechte Brustwand ersichtlich (Abb. 49).

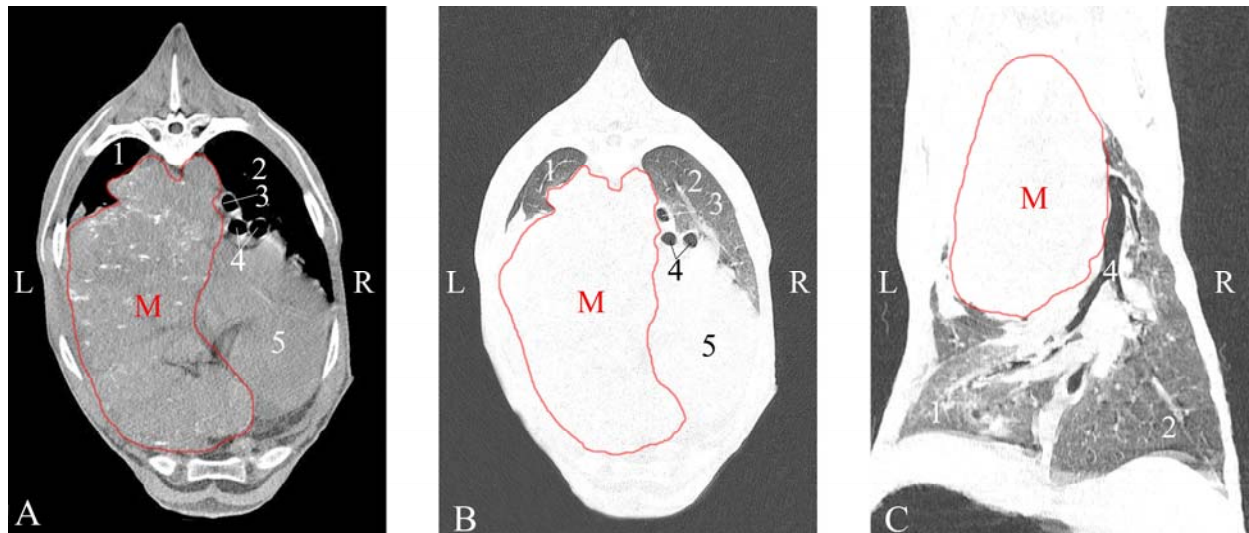


Abb. 49: Darstellung der Masse (M) in der transversalen Ebene im Weichteil- (A) und Lungenfenster (B) und in der dorsalen Ebene im Lungenfenster (C). 1 Linke Lunge, 2 Rechte Lunge, 3 Oesophagus, 4 Bifurcatio tracheae, 5 Herz

Die Diagnose lautete Neoplasie im Mediastinum, Verdacht auf ein Lymphom. Das Tier wurde im Anschluss an die CT-Untersuchung euthanasiert und sezziert.

Die Sektion ergab eine blumenkohlartige, gestielte Masse, welche die gesamte linke Thoraxhälfte ausfüllte und die linke Lunge komplett verdrängte (Abb. 50). Darüber hinaus waren auf der linksseitigen Pleura mehrere 5 cm x 5 cm x 5cm grosse Wucherungen mit gleicher Beschaffenheit zu sehen. Bei der histologischen Untersuchung stellte sich die Masse als lymphozytenreiches Thymom heraus, welches die linke Lunge infiltrierte.



Abb. 50: Pathologisch-anatomische Befunde bei einer Ziege mit Thymom im Thorax. M Masse, 1 Lobus pulmonis sinister, 2 Lobus pulmonis dexter, 3 Oesophagus

7. Diskussion

7.1. Klinische Befunde

Die 2 bis 6.5 Jahre alten Ziegen wiesen eine Herzfrequenz von durchschnittlich 96.9 ± 13.95 Schlägen pro Minute auf. In der Literatur wird für eine Gruppe von 3 – 5-jährigen Ziegen eine durchschnittliche Herzfrequenz von 126 ± 7 Schlägen /Minute angegeben (Smith und Sherman, 2007). Dabei ändert sich die Herzfrequenz in Abhängigkeit vom Alter und der Aktivität der Ziegen beträchtlich. Darüber hinaus ist eine normale respiratorische Sinusarrhythmie mit einer Beschleunigung in der späten Inspiration bei Ziegen verbreitet, jedoch ist diese bei jüngeren Ziegen stärker betont. Die Atemfrequenz lag mit durchschnittlich 26.4 ± 8.40 Atemzügen pro Minute im Normbereich der in der Literatur angegeben 10 - 30 Atemzüge pro Minute (Smith und Sherman, 2007). Im Rahmen der Auskultation der Lunge liegen für die Terminologie eines normalen und abnormalen Lungengeräuschs in der Literatur eine Reihe von Unstimmigkeiten vor. Laut Curtis et al. (1986) wird bei der Ziege von bronchialen Atemgeräuschen gesprochen und die Ausdrücke bronchovesikuläre oder alveoläre Atemgeräusche sind nach diesen Autoren unangebracht, da die Geschwindigkeit der Luftbewegung in den Alveolen zu gering ist, um wahrnehmbare Geräusche zu produzieren. In den terminalen Bronchiolen und in den Alveolen (Vesikeln) sollen keine Luftströme auftreten, die mit an der Körperoberfläche hörbaren Geräuschen verbunden sind. Bezugnehmend auf diese Autoren ist der Befund eines leicht- bis mittelgradig verschärften vesikulären Atemgeräusches bei 15 Ziegen und eines inspiratorischen Atemgeräusches bei einer Ziege im Rahmen der klinischen Untersuchung von der Formulierung her nicht ganz korrekt. Es müsste eher von einem verstärkten bronchialen Atemgeräusch gesprochen werden. Ein solches kann sowohl während der Inspiration als auch während der Expiration gehört werden. Es tritt in Zusammenhang mit konsolidiertem Lungengewebe auf, welches im Krankheitsfall die Strömungsgeräusche im Bronchuslumen besser nach aussen leitet als mit Luft gefülltes norma-

les Lungengewebe. Dieses Phänomen trifft für die meisten Ziegen mit Pneumonie zu (Smith und Sherman, 2007).

7.2. CT-Befunde

Ein Hauptziel der vorliegenden Studie war es, die normalen Strukturen im Thorax der Ziege auf dem nativen CT-Bild zu identifizieren und ihre Lage zu beschreiben. Ferner bestand ein Ziel darin, Normalwerte für die Grösse und Lage diverser Strukturen zu erheben. Das Vorgehen erfolgte meist in Anlehnung an etablierte Methoden für Kleintiere im Röntgenbild oder in der Computertomographie (Haskin and Goodman, 1982; Mc Namara et al., 1992, Karabulut et al., 1995; Wood et al., 1995; Lehmkuhl et al., 1997; Mattoon et al., 2001; Murray et al., 2005). Zusammenfassend war die Übertragung dieser Messungen sehr gut durchführbar und möglicherweise durch die überlagerungsfreien Schnittbilder auch exakter als die Messungen im Röntgenbild. Im Weiteren wurden Grössenverhältnisse im Thorax berechnet, um die Grössenunterschiede zwischen den Tieren zu eliminieren.

7.2.1. Knochenfenster

Ausgehend von der Anatomie der Ziege konnten die knöchernen Strukturen des Thorax überlagerungsfrei und im Detail beurteilt werden. So war beispielsweise das spalthaltige Gelenk zwischen Manubrium und Corpus sterni und die Verknöcherung der Synchondrosen der einzelnen Sternebrae bei allen Ziegen deutlich zu erkennen. Mit den Messungen im Knochenfenster konnte zunächst ein Eindruck über die Dimensionen des Thorax der Ziege gewonnen werden. Die Thoraxhöhe und -breite variierten dabei deutlich. Die variable Thoraxform äusserte sich auch in der weiten Schwankungsbreite des normalen Winkels zwischen Trachea und Wirbelsäule (10 – 25°). Im Vergleich zum Lama, bei dem Winkel zwischen 10 und 19° gemessen wurden (Mattoon et al., 2001), scheint der Winkel bei der normalen

Ziege noch etwas steiler zu sein. Der untere Normwert ist jedoch gleich und stellt den wichtigeren Wert dar, da er der Erfassung einer Linksherzvergrößerung dient. Das Verhältnis der Tracheahöhe zur Höhe des Thoraxeinganges ist bei der normalen Saanenziege deutlich niedriger (0.13 ± 0.03) als beim gesunden nicht-brachiozephalen Hund (0.2 ± 0.03) und entspricht stattdessen dem Normalwert von brachiozephalen Rassen wie der Bulldogge (Harvey et al., 1982). Eine kleinlumige Trachea der Saanenziege ist deshalb bei der Beurteilung von CT-Bildern als normal und nicht fälschlicherweise als Hypoplasie oder Trachealkollaps zu interpretieren.

7.2.2. Weichteilfenster

Das normale Herz der Ziege wurde in seiner Lage und Ausdehnung erfasst. Die relativ weite Ausdehnung nach kaudal ist vermutlich auf das mehr liegende anstatt aufrecht stehende Herz während der Sternallage der Tiere zurückzuführen. Dabei passt sich das Herz der Ziege, wie bei allen anderen Haussäugetieren, dem bilateral abgeflachten Brustkorb an und ist um etwa 90° um seine Längsachse gedreht, so dass sich der rechte Vorhof und die rechte Herzkammer nach rechts kranial und der linke Vorhof und die linke Kammer nach links kaudal orientieren (Schummer und Habermehl, 1996). Beim Kleintier darf das normale Herz im dorsoventralen Röntgenbild an seiner breitesten Ausdehnung nicht mehr als 60 - 65 % der Thoraxbreite auf dieser Höhe einnehmen (Owens und Biery, 1998). Im Gegensatz dazu scheint das normale Herz der Ziege deutlich breiter zu sein, da es in der vorliegenden Studie beidseitig annähernd bis an die Thoraxwand heranreichte. Einschränkung muss jedoch berücksichtigt werden, dass die hier untersuchten Ziegen in Narkose waren und kreislaufwirksame Narkotika wie Xylazin auch eine leichtgradige Herzvergrößerung hervorrufen können.

Der Quotient aus dem Durchmesser der Vena cava caudalis und der Brustwirbelkörperlänge auf Höhe der Tracheabifurkation lag bei den Ziegen mit 0.8 ± 0.16 im Bereich des Normalwerts für den Hund (0.75 ± 0.13 , Buchanan und Bucheler,

1995). Ebenso war das Verhältnis des Durchmessers der Vena cava caudalis zum Aortendurchmesser bei den Ziegen mit 1.00 ± 0.19 ähnlich wie der obere Normwert des Hundes mit 1.0. Deutlich erhöhte Quotienten beim Hund wurden in Verbindung mit einer Rechtsherzinsuffizienz gebracht. Eine individuelle Variation des Durchmessers der Vena cava caudalis tritt jedoch auch im Zusammenhang mit der Respirationsphase, dem Pleuraldruck, der Phase des Herzzyklus und dem Volumenstatus zum Zeitpunkt der Messung auf, so dass eine Dilatation der Vena cava caudalis nicht als pathognomonisch für eine Rechtsherzinsuffizienz angesehen werden kann (Lehmkuhl et al., 1997).

In enger Anlehnung an die Messungen im Röntgenbild in der Kleintiermedizin wurde in der vorliegenden Studie die vertebrale Herzgrösse erstmalig im CT-Bild in der sagittalen Ebene bestimmt. Das Ergebnis von 8 ± 0.38 Brustwirbelkörperlängen liegt dabei genau zwischen dem für die Katze und dem für den Hund angegebenen Normalwert von 7.5 ± 0.3 und 9.7 ± 0.5 Brustwirbelkörperlängen. Für das adulte Lama wird eine ähnliche vertebrale Herzgrösse von 8.4 Brustwirbelkörperlängen mit einer Schwankungsbreite zwischen 7.7 und 9.1 angegeben (Mattoon et al., 2001). Bei der Beschreibung der sichtbaren Strukturen im Weichteilfenster war es schwierig, die Lymphknoten in der Nähe der Tracheabifurkation zu identifizieren und sie von Gefässen zu unterscheiden. Auch eine deutliche Unterteilung des Herzens in eine rechte und eine linke Herzkammer konnte in der CT-Studie nicht erfolgen. Die intravenöse Gabe von jodhaltigem Kontrastmittel in einer zweiten CT-Studie im Anschluss an die Nativ-Studie würde die zuvor genannten limitierenden Faktoren aufheben und eine eindeutige Identifikation dieser Strukturen ermöglichen. Darauf wurde bewusst verzichtet, da bei der Schädel- und Hirnstudie eine Kontraststudie durchgeführt wurde.

7.2.3. Lungenfenster

Alle Ziegen wiesen gering- bis mittelgradige Lungenveränderungen auf, obwohl sie klinisch als gesund eingestuft wurden. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist

deshalb eingeschränkt. Da Ziegen offenbar oft klinisch inapparente Lungenveränderungen haben, spiegeln die Ergebnisse jedoch die realen Verhältnisse in der Praxis wider. Dabei erwies sich die Computertomographie als sehr sensibles und exaktes Verfahren zum Aufzeigen von verdickten intra- und / oder interlobulären Septen bei insgesamt 22 Ziegen, von Konsolidierungsherden bei 7 Ziegen und atelektatischen Bezirken bei 13 Ziegen innerhalb des Lungenparenchyms. Es konnten auch feine knotige Veränderungen auf der Pleura bei einer Ziege erkannt werden. Das Klassifizierungsschema aus der Humanmedizin (Jacobi und Thalhammer, 2006) bzw. das darauf basierende Schema für den Hund (Johnson et al., 2004) konnte somit auch problemlos bei der Ziege angewandt werden. Dabei ähnelt die Ziegenlunge mit ihrer verhältnismässig dicken Pleura und dem ausgeprägten interlobulären Bindegewebe, welches im CT-Bild deutlich erkannt werden konnte, der Menschenlunge mehr als der Lunge des Hundes. Die Lunge des Hundes verfügt über nur undeutlich definierbare Lobuli mit einem mässig ausgeprägten interlobulären Bindegewebe und eine dünne Pleura, jedoch über eine ausgeprägte Kollateralventilation (Morandi et al., 2003).

Die mittlere Lungendichte der Ziegenlungen lag zwischen -850.8 und -590.7 Hounsfieldeinheiten. Beim gesunden Hund liegt die Lungendichte je nach Lungenlappen zwischen -854.55 und -830.75 HE (Morandi et al., 2003) und beim Menschen zwischen -875 und -770 HE (Jacobi und Thalhammer, 2006). Demzufolge liegt der Minimumwert der Ziegenlunge deutlich unter dem des Menschen und des Hundes. Dieses ist jedoch auf die zuvor genannten Lungenveränderungen, verbunden mit einer erhöhten Lungendichte der Ziegen aus der untersuchten Gruppe, zurückzuführen. Für die im Durchschnitt grösseren Messwerte der Stammbronchienwandfläche, der Stammbronchiendurchmesser und der Lungendichte im linken Hemithorax im Vergleich zum rechten Hemithorax konnte zunächst keine direkte Erklärung gefunden werden. Möglicherweise spielt der für die Wiederkäuer einzigartige Bronchus trachealis eine Rolle, der dafür sorgt, dass sich beide Stammbronchien nicht analog in je einen Lappenbronchus für den kranialen

und kaudalen Lungenlappen teilen. Der Bronchus trachealis übernimmt die Rolle des rechten kranialen Lungenlappenbronchus schon weit vor der Tracheabifurkation. Die höhere Lungendichte innerhalb des linken Lungenlappens kann nicht aus lagerungstechnischen Gründen erklärt werden, da sich die Tiere zu keinem Zeitpunkt der CT-Untersuchung oder unmittelbar davor in Seitenlage, sondern stets aufrecht oder in Sternallage befanden. In der vorliegenden Studie waren die Querschnittflächen der Pulmonalvenen deutlich höher als die der Pulmonalarterien. Beim gesunden Tier sollte der Durchmesser dieser Gefäße im Röntgenbild annähernd gleich sein (Owens und Biery, 1998). Da mit der echokardiographischen Untersuchung eine Linksherzinsuffizienz bei den hier untersuchten Tieren ausgeschlossen wurde, ist davon auszugehen, dass dieser deutliche Unterschied auf die Verabreichung von vasodilatativen Substanzen wie Xylazin zurückzuführen ist. Dabei kann Xylazin beim Schaf die Atemmechanik und den Gasaustausch beeinflussen, eine Tachypnoe oder einen erhöhten Druck innerhalb der Luftwege, ein Lungenödem und eine Hypoxämie hervorrufen. Auch eine dosisabhängige kardiovaskuläre Depression wurde beschrieben (Kästner, 2006). Demzufolge konnten analog zum Kleintier keine normalen Quotienten für die Querschnittflächen der Pulmonalarterie zu Pulmonalvene oder der Pulmonalarterie zum äusseren Stammbronchus berechnet werden. Diese Parameter wären jedoch wichtige Kriterien zur Erkennung von Stauungsphänomenen, Hypertension oder Hypovolämie in der Lunge, pulmonalem Thromboembolismus oder Bronchiektasien.

Hinsichtlich der Genauigkeit der Messungen an den Stammbronchien, Segmentbronchien und Gefässen ist als Einschränkung zu erwähnen, dass diese bei 22 Ziegen aufgrund von Bewegungsartefakten durch die Atemtätigkeit nicht so exakt durchgeführt werden konnten wie bei den 8 Ziegen, bei denen der Thorax in angehaltener, maximaler Inspiration gescannt wurde. Letztere verfügten über qualitativ deutlich bessere CT-Lungenbilder, in denen die Bronchien und die Gefässäste scharf umrandet und deutlich voneinander abgrenzbar waren. Zudem fiel bei der Vermessung der Trachea und der Stammbronchien ein signifikanter Unterschied

zwischen den an den Respirator angeschlossenen Ziegen und den spontan atmenden Ziegen auf. Die Mittelwerte der einzelnen Messungen bei den spontan atmenden Tieren waren stets kleiner. Vermutlich wurden die Trachea, die Stammbronchien und die Segmentbronchien im Rahmen der künstlichen Beatmung weiter gedehnt als bei den spontan atmenden Tieren. Es empfiehlt sich daher, eine CT-Studie des Thorax standardisiert während angehaltener Inspiration und gelegentlich auch in Expiration durchzuführen.

7.3. Pathologisch-anatomische Befunde

Eine Ziege wurde aufgrund eines herznahen Lungenabszesses aus der Statistik herausgenommen. Dabei können im Herzen selbst oder in seiner unmittelbaren Nachbarschaft lokalisierte, raumfordernde Prozesse die diastolische Blutfüllung behindern und somit zu einer unterschiedlich ausgeprägten Herzschwäche führen (Gründer, 2006). Abszesse, die durch den Erreger *Corynebacterium pseudotuberculosis* hervorgerufen werden, werden am häufigsten in den Kopf- oder Halslymphknoten gefunden, aber auch innerhalb des Lungenparenchyms oder in den mediastinalen Lymphknoten. Dabei zeigte die Ziege mit einem Lungenabszess aus der untersuchten Gruppe als einziges Tier nach der Atemhemmung Hustenstösse (Anzahl 3) und pathologische Atemnebengeräusche. Bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung wurden im Lungenparenchym auch Wurmknötchen gefunden. Bei einem Lungenwurmbefall spricht man von einer Dictyocaulose hervorgerufen durch *Dictyocaulus filaria*, den grossen Lungenwurm, oder von einer Protostrongylose, verursacht durch mehrere Arten von Protostrongyliden (kleine Lungenwürmer). Während *Dictyocaulus filaria* in vielen Gegenden kaum vorkommt, sind die Protostrongyliden weit verbreitet (Braun et al., 2000). Dabei wird den Protostrongyliden-Infektionen nur eine geringe Pathogenität beigemessen. Ziegen sind jedoch empfindlicher als Schafe. Keine Ziege wurde im Rahmen der parasitologischen Untersuchung positiv auf eine Dictyocaulose getestet. Daher ist anzunehmen, dass es sich bei den knötchenartigen, subpleural gelegenen Verdickungen

des Lungengewebes, die sowohl im CT-Bild als auch in der Pathologie erkannt worden sind, um die Brutknoten der bei 17 Ziegen nachgewiesenen Protostrongyliden handelt. Die Brutknoten stellen herdförmige, entzündliche Lungenveränderungen dar, die Eier und Larven enthalten. Die Ziege, die bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung die grösste Zahl von Wurmknötchen aufwies und bei welcher im Rahmen der parasitologischen Untersuchung ein hochgradiger Protostrongylidenbefall festgestellt wurde, verfügte über den geringsten partiellen Sauerstoffpartialdruck im Blut im Vergleich zu den anderen Tieren der untersuchten Gruppe. Bei einer starken Protostrongylideninfektion kann es aufgrund der veränderten Lungenbezirke zu einem verminderten Sauerstoffaustausch und als Folge dessen zu einem geringen Sauerstoffpartialdruck im Blut kommen (Bostedt und Dedié, 1996). Neben einer parasitären Ursache für die verschiedenen Pneumonieformen bei den 30 Ziegen kommen jedoch auch virale oder bakterielle Ursachen in Betracht. Eine durch das CAE-Virus hervorgerufene subklinische interstitielle Pneumonie konnte hier durch die serologisch negative CAE-Untersuchung bei allen Ziegen ausgeschlossen werden. Im Weiteren kommen ein Paramyxovirus oder das Capripoxvirus für Konsolidierungsherde innerhalb des Lungengewebes unterhalb der Pleura in Frage. Am weitesten verbreitet und von ökonomischer Bedeutung sind jedoch die durch verschiedene Arten von Mykoplasmen induzierten Pneumonien bei der Ziege. Die Ursache der kaprinen kontagiösen Pleuropneumonie ist nach letzten Angaben der Erreger *Mycoplasma mycoides subsp. Capri* (Smith und Sherman, 2007).

Bei fünf Ziegen wurde eine Foramen ovale persistens gefunden. Dieses entsteht durch einen unvollständigen Verschluss des interatrialen Septums zum Zeitpunkt der Geburt (Revel et al., 2008). Unter physiologischen Bedingungen entsteht auch bei einem anatomisch offenen Foramen ovale keine Durchmischung von arteriellem und venösem Blut, da ein an der linken Vorhofseite befestigtes Septum durch den höheren Druck im linken Vorhof gegen das Foramen ovale gedrückt wird und es somit funktionell verschliesst (Thomas, 1996). Patienten mit einer chronisch

obstruktiven Lungenerkrankung zeigten durch einen höheren Druck im rechten Vorhof im Vergleich zu einer Kontrollgruppe eine erhöhte Prävalenz für ein persistierendes Foramen ovale (Revel et al., 2008). Laut Revel et al. (2008) konnte beim Menschen mit Hilfe eines Mehrschicht-CT's ein persistierendes Foramen ovale mit einer Spezifität von 98 % und einer Gesamtsensitivität von 55 % (je nach Grad des Shunts) visuell auf dem CT-Bild erkannt werden. Diese Methode setzt jedoch die Anwendung eines Kontrastmittels voraus. Durch eine vorzeitige Anreicherung des Kontrastmittels im linken Vorhof ohne vorhergegangene Anreicherung in den Pulmonalvenen wurde hier der Shuntfluss des Kontrastmittels bzw. das persistierende Foramen ovale zwischen dem rechten und linken Vorhof aufgezeigt. Als Goldstandard Technik wird in der Humanmedizin die transoesophageale Echokardiographie angesehen, die noch über der transthorakalen Echokardiographie steht, um ein persistierendes Foramen ovale zu diagnostizieren (Revel et al., 2008).

7.4. Vergleich der CT-Befunde mit den anatomischen Schnittpräparaten

Die anatomischen Schnittbilder eigneten sich sehr gut zum direkten Vergleich mit den CT-Bildern, da Organe, Gefässe, Lymphknoten und Muskeln am besten auf ihnen erkannt und so anschliessend im CT-Bild identifiziert werden konnten. Bis auf kleine Gefässe, Nerven und diverse Lymphknoten (Lnn. thoracici aortici, Lnn. intercostales, Lnn. sternales craniales, Lnn. mediastinales craniales und medii und den Ln. bifurcationis sinister) konnten alle Strukturen im nativen CT-Bild erkannt werden. Sollte demzufolge die Identifikation der genannten Lymphknoten im nativen CT-Bild möglich sein, ist anzunehmen, dass diese pathologisch vergrössert sind. Eine vergleichende Gegenüberstellung von CT-Bildern mit den entsprechenden anatomischen Schnittbildern lag bislang für eine Tierart aus der Gruppe der Wiederkäuer nicht vor. Für den Hund und die Katze wurde diese vergleichende Technik bereits angewandt (Zook et al., 1989; Smallwood und George, 1993; Samii et al., 1998; Rivero et al., 2004; De Rycke et al., 2005). Mit der vorliegenden

Studie wurde somit erstmals ein vergleichender Bildatlas zur normalen computertomographischen Querschnittanatomie des Thorax der Ziege erstellt.

7.5. Schlussbemerkungen

Hinsichtlich der Anwendbarkeit der Ergebnisse wurde von einer vermehrten Verfügbarkeit der Computertomographie ausgegangen. Anhand der zwei Fallvorstellungen konnte gezeigt werden, dass die Computertomographie für die Ziege in der Klinik angewandt wird. Dabei konnte mit Hilfe der Computertomographie das Ausmass von tumorösen Veränderungen innerhalb des Thorax bestimmt werden, mit der Absicht eine Prognose für ein bestimmtes Tier stellen zu können. Die Computertomographie ermöglicht die Abklärung von intrathorakalen Läsionen, wenn die röntgenologischen Befunde unspezifisch oder negativ sind (Prather et al., 2005). Viele Möglichkeiten, wie z. B. die Anwendung von Kontrastmittel zur besseren Darstellung der Herzkammern und der Gefässe, zur Aufdeckung von Shunts in Zusammenhang mit Missbildungen oder aber eine Durchführung der Thoraxstudie in angehaltener Inspiration, um die Bewegungsartefakte im Lungenfeld durch die Atemtätigkeit zu minimieren, sind hier nicht ausgeschöpft worden. Derartige diagnostische Studien sollen jedoch in Zukunft zur Anwendung gelangen, da aus dieser Studie offensichtlich wird, dass der gesamte Körper einer Ziege von bis zu 86 kg Körpergewicht problemlos mit einem Computertomographen untersucht werden kann. Ausgehend von der beschriebenen topographischen Anatomie des Thorax der Ziege konnte die Querschnittanatomie erarbeitet werden und soll hier für die Erhebung von CT-Befunden bei der Ziege die erste Voraussetzung liefern. Dabei soll die Darstellung der normalen Grössenverhältnisse der anatomischen Strukturen im Thorax der Ziege bei der Erhebung von abnormen Befunden helfen und ausblickend auch für eine andere Art aus der Gruppe der Wiederkäuer angewandt werden bzw. weiteren Studien als Vergleich dienen können.

8. Literaturverzeichnis

ASSHEUER, J. and M. SAGER (1997): MRI und CT Atlas of the Dog. Eds. J. Assheuer and M. Sager, Berlin, Blackwell Science, 315-338.

BERLI, A., C. SCHWARZWALD, R. JUD, T. WIESTNER and U. BRAUN (2009): The use of strain, strain rate and displacement by 2D speckle tracking for assessment of left ventricular function in 30 Saanen-goats: Methodology, reliability, reference values and influence of general anesthesia. Dissertation, Universität Zürich, in Vorbereitung.

BOSTEDT, H. und K. DEDIÉ (1996): Luftwege und Lunge. In: Schaf- und Ziegenkrankheiten. 2. Aufl., Hrsg. K. Löffler und D. Strauch, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 274-285.

BRAUN, U., K. FEIGE, B. GANSOHR, H. DEGEN, K. WOLFF, D. GOHM und T. SYDLER (2000): Protostrongyliden-Pneumonien bei Saanenziegen. Tierärztl. Umschau 55, 338-345.

BUSHBERG, J. T., J. A. SEIBERT, E. M. LEIDHOLDT and J. M. BOONE (2002): Computed tomography. In: The Essential Physics of Medical Imaging, 2nd edn., Eds. J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidholdt and J. M. Boone, Lippincott Williams & Wilkens, Philadelphia, 327-369.

BUCHANAN, J. W. and J. BUCHERLER (1995): Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. J. Am. Vet. Med. Assoc. 206, 194-199.

BURK, R. L. (1991): Computed tomography of thoracic diseases in dogs. J. Am. Vet. Med. Assoc. 199, 617-621.

CURRY, T. S., J. DOWDEY and R. MURRY (1990): Computed tomography. In: Christensen's Physics of Diagnostic Radiology, 4th edn., Eds. T. Curry, J. Dowdey and R. Murry, Williams & Wilkins, Philadelphia, 289-323.

CURTIS, R. A., L. VIEL, S. M. McGUIRK, O. M. RADOSTITS and F. W. HARRIS (1986): Lung sounds in cattle, horses, sheep and goats. Can. Vet. J. 27, 170-172.

DE RYCKE, L. M., I. GIELEN, P. J. SIMOENS and H. VAN BREE (2005): Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax in clinically normal dogs. Am. J. Vet. Res. 66, 512-524.

FLOHR, T. (2008): Technische Grundlagen und Anwendungen der Mehrschicht-CT. In: Mehrschicht-CT. Ein Leitfaden. Hrsg. R. Brünig, A. Küttner und T. Flohr, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 4-24.

FREENEY, D. A., T. F. FLETCHER and R. M. HARDY (1991): Atlas of Correlative Imaging Anatomy of the Normal Dog, Ultrasound and Computed Tomography. W. B. Saunders, Philadelphia.

GRÜNDER, H.-D. (2006): Krankheiten des Herzens und des Herzbeutels. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 5. Aufl., Hrsg. G. Dirksen, H.-D. Gründer und M. Stöber, Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart, 159-181.

HARVEY, C. E. and E. A. FINK (1982): Tracheal diameter: Analysis of radiographic measurements in brachycephalic and non-brachycephalic dogs. J. Anim. Hosp. Assoc. 18, 570-576.

HASKIN, P. H. and L. R. GOODMAN (1982): Normal tracheal bifurcation angle: a reassessment. Am. J. Roentgenol. 139, 879-882.

HENNINGER, W. (2003): Use of computed tomography in the diseased feline thorax. J. Small Anim. Pract. 44, 56-64.

HOUNSFIELD, G. N. (1968): A method of an apparatus for examination of a body by radiation such as x or gamma radiation. Patentschrift 1283915, London: The Patent Office.

JACOBI, V. und A. THALHAMMER (2006): Grundmuster im CT der Lunge und ihre Differentialdiagnose. Radiologie up2date 4, 311-334.

JOHNSON, V. S., I. K. RAMSEY, H. THOMPSON, T. A. CAVE, F. J. BARR, H. RUDORF, A. WILLIAMS and M. SULLIVAN (2004): Thoracic high resolution computed tomography in the diagnosis of metastatic carcinoma. J. Small Anim. Pract. 45, 134-143.

KARABULUT, N. (2005): CT assessment of tracheal carinal angle and its determinants. Br. J. Radiol. 78, 787-790.

KÄSTNER, S. (2006): A₂-agonists in sheep: a review. Veterinary Anesthesia and Analgesia 33, 79-96.

LEHMKUHL, L. B., J. BONAGURA, D. BILLER and W. HARTMAN (1997): Radiographic evaluation of caudal vena cava size in dogs. Vet. Radiol. Ultrasound 38, 94-100.

LUBBERS, B., M. APLEY, J. COETZEE, D. MOSIER, D. BILLER, D. MASON and P. HENAO-GUERRERO (2007): Use of computed tomography to evaluate pathologic changes in the lungs of calves with experimentally induced respiratory tract disease. *Am. J. Vet. Res.* 68, 1259-1265.

LUCKHAUS, G. (1968): On the connective tissue space of the cervico-thoracic thymus gland type in the goat. *Gegenbaurs Morphol. Jahrb.* 112, 449-456.

McLAUGHLIN, R. F., W. S. TYLER and R. O. CANADA (1961): A study of the subgross pulmonary anatomy in various mammals. *Am. J. Anat.* 108, 149-165.

McNAMARA, A., N. MÜLLER, M. OKAZAWA, J. ANTORP, B. WIGGS and P. PARÉ (1992): Airway narrowing in exercised canine lungs measured by high resolution computed tomography. *J. Appl. Physiol.* 73, 307-316.

MATTOON, J. S., T. C. GERROS and M. BRIMACOMBE (2001): Thoracic radiographic appearance in the normal lama. *Vet. Radiol. Ultrasound* 42, 28-37.

MORANDI, F., J. S. MATTOON, J. LAKRITZ, J. TURK and E. WISNER (2003): Correlation of helical and incremental high-resolution thin section computed tomographic imaging with histomorphometric quantitative evaluation of lungs in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 64, 935-943.

MURRAY, J. G., A. L. BROWN, E. A. ANAGNOSTOU and R. SENIOR (1995): Widening of the tracheal bifurcation on chest radiographs: values as a sign of left atrial enlargement. *Am. J. Roentgenol.* 164, 1089-1092.

NICKEL, R., A. SCHUMMER, K.-H. WILLE und H. WILKENS (2001a): Knochenlehre. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*. Band I, 7. Aufl., Hrsg. J.

Frewein, K.-H. Wille und H. Wilkens, Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 15-202.

NICKEL, R., A. SCHUMMER, K.-H. WILLE und H. WILKENS (2001b): Gelenklehre. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I, 7. Aufl., Hrsg. J. Frewein, K.-H. Wille und H. Wilkens, Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 215-272.

OHLERT, S. und B. KASER-HOTZ (2001): Die Bedeutung der Computertomographie in der Kleintieronkologie. Kleintierpraxis 46, 5-15.

OWENS, J. M. and D. N. BIERY (1998a, b): Radiographic interpretation for the small animal clinician. 2edn., Eds. J. Owens and D. Biery, Williams & Wilkens, Baltimore, a 160, b 188.

PRATHER, A. B., C. R. BERRY and D. E. THRALL (2005): Use of radiography in combination with computed tomography for the assessment of noncardiac thoracic disease in the dog and cat. Vet. Radiol. Ultrasound 46, 114-121.

RAJTOVA, V. (1972): The sternum of the sheep (*Ovis ammon* f. *aries* L.) and the goat (*Capra aegagrus* f. *hircus* L.). Folia Morphol. (Praha) 20, 375-383.

REVEL, M. - P., J. - B. FAIVRE, T. LETOURNEAU, H. HENON, D. LEYS, V. DELANNOY-DEKEN, M. REMY-JARDIN and J. REMY (2008): Patent foramen ovale: Detection with nongated multidetector CT. Radiology 249, 338-345.

RIVERO, M. A., J. A. RAMIREZ, J. M. VAZQUEZ, F. GIL, G. RAMIREZ and A. ARENCIBIA (2005): Normal anatomical imaging of the thorax in three dogs:

Computed tomography and macroscopic cross sections with vascular injection. Anat. Histol. Embryol. 34, 215-219.

ROOS, H., K. HEGNER und B. VOLLMERHAUS (1999): Die Vasa pulmonalia der Hausziege. Anat. Histol. Embryol. 28, 131-137.

SAMII, V. F., D. S. BILLER and P. D. KOBLIK (1998): Normal cross-sectional anatomy of the feline thorax and abdomen: Comparison of computed tomography and cadaver anatomy. Vet. Radiol. Ultrasound 39, 504-511.

SCHIRBER, A. (1930): Ein Beitrag zur Anatomie und Rückbildung des Thymus der Ziege, Dissertation, Tierärztliche Hochschule Berlin.

SCHWARZ, L. A. and A. S. TIDWELL (1999): Alternative imaging of the lung. Clin. Tech. Small Anim. Pract. 14, 187-206.

SCHUMMER, A. und K.-H. HABERMEHL (1996): Herz. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III, 3. Aufl., Hrsg. K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 17-73.

SCOTT, P. R. and M. E. GESSERT (1998): Ultrasonographic examination of the ovine thorax. Vet. J. 155, 305-310.

SMALLWOOD, J. and T. GEORGE (1993): Anatomic atlas for computed tomography in the mesaticephalic dog: thorax and cranial abdomen. Vet. Radiol. Ultrasound 34, 65-84.

SMALLWOOD, J. and W. HEALEY (1982): Computed tomography of the thorax of the adult Nubian goat. *Vet. Radiology* 23, 135-143.

SMITH, M. C. and D. M. SHERMAN (2007): Respiratory system. In: *Goat Medicine*. Eds. M. C. Smith and D. M. Sherman, Blackwell Publishing, Iowa, USA, 247-273.

TANUDIMADJA, K. and N. G. GHOSHAL (1973): The lymph nodes and lymph vessels of the thoracic viscera of the goat (*Capra hircus*). *Zbl. Vetmed. (C)*, 4, 316-326.

THOMAS, C. und G. GEBER (1996): Herz-Gefäße. In: *Spezielle Pathologie*. Hrsg. C. Thomas, Schattauer Verlag, 159.

TSCHUOR, A. C., B. RIOND, U. BRAUN und H. LUTZ (2008): Hämatologische und klinisch-chemische Referenzwerte für adulte Ziegen und Schafe. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 150, 287-295.

VOLLMERHAUS, B. (1996): Lymphatische Organe. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band III, 3. Aufl., Hrsg. K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Parey Verlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 276-301.

VOLLMERHAUS, B. und H. ROOS (1996): Lymphgefäßsystem. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band III, 3. Aufl., Hrsg. K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 302-422.

WINTERS, K., A. TIDWELL, E. ROZANSKI, R. JAKOWSKI and A. HOFFMAN (2006): Characterization of severe small airway disease in a puppy using computed tomography. *Vet. Radiol. Ultrasound* 47, 470-473.

WAIBL, H. (1999): Atmungsapparat. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band II, 8. Auflage, Hrsg. J. Frewein, H. Gasse, R. Leiser, H. Roos, H. Thomé, B. Vollmerhaus und H. Waibl, Parey Verlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 223-297.

WAIBL, H. und H. WILKENS (1996a): Arterien. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band III, 3. Auflage, Hrsg. K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Parey Verlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 74-182.

WAIBL, H. und WILKENS, H. (1996b): Venen. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band III, 3. Auflage, Hrsg. K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Parey Verlag im Blackwell Wissenschaftsverlag, 189-275.

WOOD, S., E. ZERHOUNI, J. HOFORD, E. HOFFMAN and W. MITZNER (1995): Measurement of three-dimensional lung structures by using computed tomography. *J. Appl. Physiol.* 79, 1687-1697.

YOON, J., D. A. FEENEY, D. E. CRONK, K. L. ANDERSON and L. E. ZIEGLER (2004): Computed tomographic evaluation of canine and feline masses in 14 patients. *Vet. Radiol. Ultrasound* 45, 542-546.

ZOOK, B., R. HITZELBERG and E. BRADLEY (1989): Cross-sectional anatomy of the beagle thorax. *Vet. Radiology* 30, 277-281.

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen, die zur Entstehung dieser Arbeit im Rahmen eines grossen Gesamtprojektes beigetragen haben, ganz herzlich danken, insbesondere

Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun für die Überlassung des Themas, die Übernahme des Referats, die Organisation des Gesamtprojekts und die zu jeder Zeit gewährte Unterstützung und Betreuung

Herrn Prof. Dr. H. Augsburger für die Übernahme des Korreferats und die anatomischen Korrekturen

Frau Dr. S. Ohlerth für die Übernahme der Leitung meiner Arbeit, die radiologische Befundung der Tiere, die statistische Auswertung und die stets gewährte Hilfe und Betreuung zu jedem Zeitpunkt

Herrn Prof. Dr. V. Jacobi und Herrn Dr. A. Thalhammer für die Wiedergabe zweier Abbildungen über die Grundmuster im CT der Lunge

Herrn Dr. A. Tschuor aus dem Departement für Nutztiere für die Beschaffung der Ziegen und die Organisation der CT-Termine

Herrn Prof. Dr. H. Lutz, Veterinärmedizinisches Labor, für die Ausführung der Laboruntersuchungen

Herrn Prof. Dr. P. Deplazes, Institut für Parasitologie, für die parasitologische Untersuchung der Kotproben der Ziegen

Frau Dr. R. Jud für die Durchführung der Anästhesien während der computertomographischen Untersuchung

Frau A. Angst für die Durchführung der computertomographischen Untersuchung aller 30 Ziegen

Herrn U. Müller für die Übernahme der Leitung der anatomischen Schnittpräparation und Fotografie und die stets gewährte freundliche Unterstützung

Frau A. Hug für die Unterstützung bei der digitalen Bearbeitung der anatomischen Schnittbilder

Meiner Kollegin Frau M. Irmer und meinem Kollegen Herrn M. Makara für die gemeinsame Durchführung der computertomographischen Untersuchungen und der anatomischen Schnittpräparationen

Frau K. Steininger und Frau D. Jacquat für die gemeinsame klinische Untersuchung aller 30 Ziegen

und den Tierpflegerinnen und Tierpflegern des Departements für Nutztiere für die optimale und liebevolle Betreuung der einzelnen Ziegen.

10. Lebenslauf

Mareike Becker-Birck

geboren am 13. 4. 1982 in Kiel, Deutschland

1988-1992	Grundschule Wattenbek
1992-2001	Altsprachliches Gymnasium Kieler Gelehrtschule
2001	Abitur (allgemeine Hochschulreife)
2001-2002	Studium der Veterinärmedizin an der Szent Istvan Universität Budapest
2002- 2006	Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin
Februar 2007	Erteilung der Approbation als Tierärztin
August 2007	Dissertation in der Abteilung für Bildgebende Diagnostik und der Klinik für Wiederkäuer der Vetsuisse-Fakultät der Univer- sität Zürich

Meiner lieben Mutter